

吊床版橋の無次元解析

熊本大学 学生員 坂本哲造 八代高専 正 員 水田洋司

熊本大学 正 員 平井一男

1. まえがき

吊床版橋は、両端の橋台にはほぼ水平に張り渡した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吊り構造の橋梁である。この橋梁は経済性・耐久性に優れているという利点を持つが、スレンダーな吊り構造形式であるので揺れ易く、その振動特性を明確にする必要がある。そこで本研究では、吊床版橋のアーチ橋への等価置換法を用いて、無次元量をパラメータとした図を作成し、実橋の梅の木公園吊橋の実験値と比較しながら図の有用性、更には吊床版橋の振動特性について検討した。

2. 解析手法

吊床版橋は図-1に示すように、適当な基本サグ量 f が必要となるため、その床版をアーチ構造とみなせばアーチ部に曲げ剛性を持つローゼ橋と考えられる。ローゼ橋は図-2のように上弦材の曲げ剛性 $E I_a$ 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橋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。¹⁾ したがって、ランガー橋の解析手法²⁾を用いて吊り床版橋の解析をする事が可能であるといえる。吊床版橋においては、スパン長 l は変化しないので、置換したローゼ橋の桁部の断面積 $A_g = \infty$ とみなすことが出来る。また、吊床版橋には両端部にテーバー部が存在するために両端ヒンジ・両端固定の場合について解析を試みた。

1) 両端ヒンジの場合³⁾

振動数方程式は

$$1 + \frac{512\beta}{\pi^6} \sum \frac{1}{n^2 \{ n^4 (1 + \zeta/n^2) - \bar{\lambda} \}} = 0 \quad (n=1,3,5,\dots) \quad (1)$$

$$\text{ここに、} B = \frac{A}{1 + 8(f/l)^2 + 19.2(f/l)^4} \quad (2)$$

$$\beta = fB/I \quad (3) \quad \bar{\lambda} = \lambda/\lambda_1 \quad (4) \quad \lambda_1^2 = \omega_{g1}^2 = \lambda_1 (1 + \zeta) \quad (5)$$

f : サグ量 A : 断面積 l : スパン長 I : 断面二次モーメント

$$\zeta = \frac{H_0 l^2}{E I \pi^2} \quad (6) \quad \omega_{gn} = \omega_{gn} \sqrt{(1 + \zeta/n^2)} \quad (7)$$

$$\omega_{gn} = \left(\frac{n\pi}{l} \right)^2 \sqrt{\frac{E I}{\rho}} \quad (8)$$

H_0 : 水平張力 E : 弾性係数 ω_{gn} : 補剛桁 n 次の固有振動数

ρ : 単位長さ当たりの質量

2) 両端固定の場合

振動数方程式は図-5のように両端ヒンジの両支点到曲げモーメントを作用させ、両支点でのたわみ角が零になる条件から次のようになる。

$$\det \begin{vmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{vmatrix} = 0 \quad (n=1,3,5,\dots) \quad (9)$$

ここに、

$$A_{11} = 1 + \frac{512\beta}{\pi^6} \sum \frac{1}{n^2 \{ n^4 (1 + \zeta/n^2) - \bar{\lambda} \}} \quad (10) \quad A_{12} = -\frac{512\beta}{\pi^4} \sum \frac{1}{n^4 (1 + \zeta/n^2) - \bar{\lambda}} \quad (11)$$

$$A_{21} = \frac{1}{\pi^2} \sum \frac{1}{n^4 (1 + \zeta/n^2) - \bar{\lambda}} \quad (12) \quad A_{22} = -\sum \frac{n^2}{n^4 (1 + \zeta/n^2) - \bar{\lambda}} \quad (13)$$

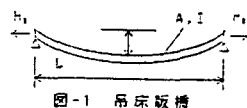


図-1 吊床版橋

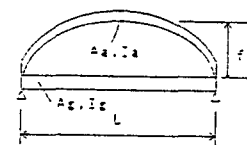


図-2 ローゼ橋

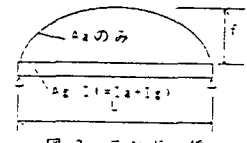


図-3 ランガー橋

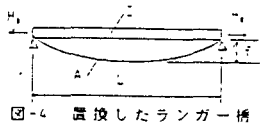
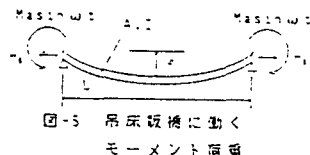


図-4 置換したランガー橋

図-5 吊床版橋に働く
モーメント荷重

3. 数値計算

数値計算には表-1に示す梅の木轟公園吊橋の諸元を用いた。計算に使用した弾性係数、床版断面積にはコンクリート、P C鋼材および鉄筋の比率を換算した値を使用した。サグ比と固有振動数との関係を図-6に示す。グラフの実線は両端ヒンジを、一点鎖線は両端固定を表している。また図中の横軸方向の実線と各次数との交点は、梅の木轟公園吊橋の振動数を表している。更に式(6)より求めた無次元量 ζ をパラメータとし $1/\beta$ を縦軸に ω/ω_{s1} を横軸にとったものを図-7に示す。ここに、 ω_{s1} は単純梁1次の固有振動数である。 $1/\beta$

表-1 梅の木轟公園吊橋の諸元

L (cm)	10500.0
f (cm)	310.0
H ₀ (kg)	445300.0
E (kg/cm ²)	400000.0
I (cm ⁴)	120000.0
A (cm ²)	3843.5
ρ (kg・sec ² /cm ²)	0.010832

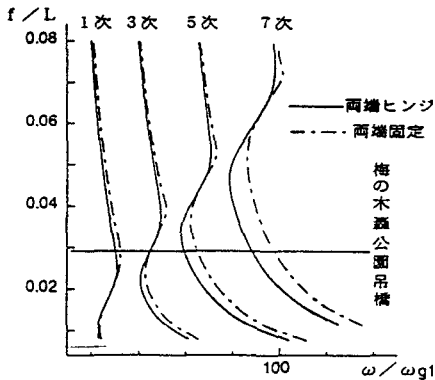


図-6 サグ比による固有振動数(対称モード)の変化

表-2 固有振動数の比較

		ヒンジ	固定	測定値
対称	1次	0.876	0.940	0.95
	3次	1.332	1.335	1.43
	5次	1.740	1.909	1.94
逆対称	2次	0.622	0.683	0.70
	4次	1.312	1.445	1.47
	6次	2.126	2.349	2.25

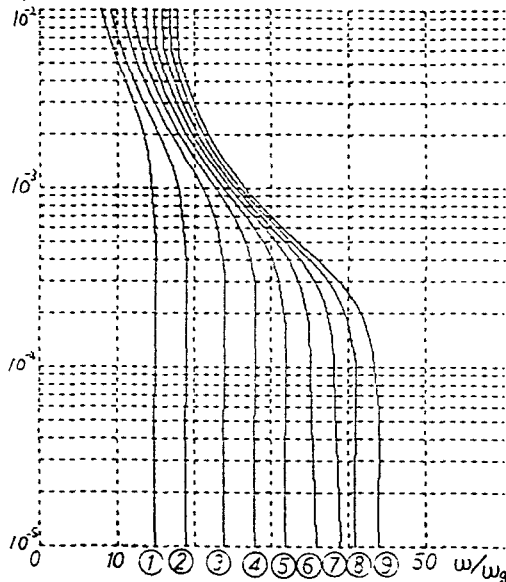


図-7 無次元量 β と固有振動数との関係(両端固定1次)

- ① $\zeta = 1.0$ ② $\zeta = 2.5$ ③ $\zeta = 5.0$
 ④ $\zeta = 7.5$ ⑤ $\zeta = 10.0$ ⑥ $\zeta = 12.5$
 ⑦ $\zeta = 15.0$ ⑧ $\zeta = 17.5$ ⑨ $\zeta = 20.0$

4. 結論

図-6より両端ヒンジの場合と両端固定の場合を比較すると、固定の場合の方が全体的に右上にずれたようになっていて、高次になるにしたがって差が大きくなることがわかる。表-2よりこの橋では逆対称振動(2次)が最低次数の振動となっている。このことよりアーチ効果がこの橋梁に優れた振動特性を与えることがわかる。また、図-7は吊床版橋のすべての諸量を包含した無次元量 ζ と β 、 ω の関係を表す図である。この図の特性としては ζ が大きくなると曲線は全体的に右下にずれる。したがって、橋の諸量を変化させた場合にも ζ と β を求めるだけである程度の固有振動の近似解を得ることが出来る。

参考文献

- (1) 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。
- (2) 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。
- (3) 水田・平井・元田：吊床版歩道橋の固有振動数特性について、第46回年次学術講演会講演概要集第1部、pp902~903、平成3年9月