

I-3 曲線げた橋の有効幅に関する研究

大阪市立大学 正員 中井 博
大阪大学 学生員 北田 俊行

1. まえがき

曲線げた橋では、スパンに比し幅員がなくなると、直線げた橋と同様に shear lag 現象が生じ、フランジ内の垂直応力分布は、棒理論によるものと著しく相違する。本文は、著者等が以前に発表した研究を曲線げた橋に拡張し、曲線げた橋の shear lag 現象を薄肉構造物の特長を十分考慮して解析し、さらに曲線げた橋の有効幅を求めたものである。

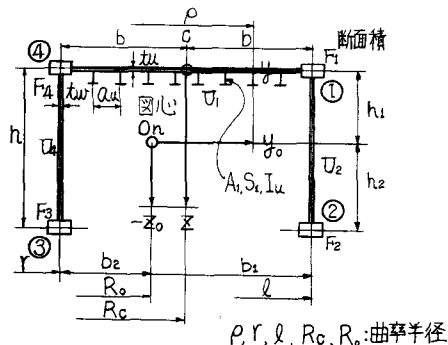
図-1. 曲線げた橋断面

2. 基礎式

解析の対象とした曲線げた橋は、図-1に示す断面を有するものとする。なお、理論上の仮定・記号は、文献2)を参照されたい。

まず、曲線げた橋を構成する各板要素についての基礎式を求めると、たとえば、上フランジプレートに関しては、次式を得る。

$$E \frac{\bar{t}_u}{t_u} \frac{R_0}{\rho} \frac{\partial^2 u_1}{\partial s^2} + G \frac{\rho}{R_0} \frac{\partial^2 u_1}{\partial \xi^2} + 2 \frac{G}{R_0} \frac{\partial u_1}{\partial \xi} = 0 \quad \dots (1)$$

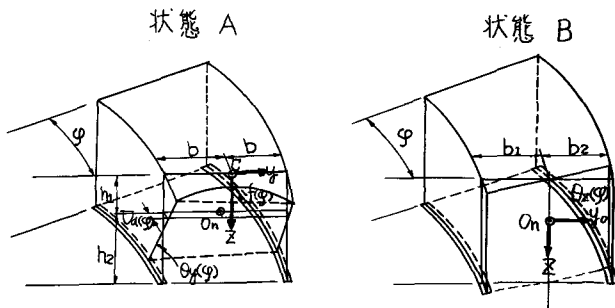


ρ, R, l, R_0, R_c : 曲率半径

ただし、 E : ヤング率、 G : セン断弾性係数、 u_1 : フランジプレートの軸方向変位、 t : フランジプレートの厚さ、 $\bar{t}_u$: リブを考慮したフランジプレートの換算厚さ、その他は図-1参照、式(1)と同様な式を腹板などに関しても求める。

つぎに、式(1)の厳密解は級数解となり、繁雑であるので、各板の軸方向変位は、文献1)を参照にして、式(2)のように仮定する。すなわち、図-1の断面は左右非対称であるので、主軸は水平軸と鉛直軸と一致しない。しかし、変形状態や応力状態を求める際の基準軸として、水平軸と鉛直軸(y, z)をとれば、図-2に示すように軸方向変位は、2つのものが合成されたものと考えることができる。

図-2 曲線げた橋の軸方向変位



$$\left. \begin{aligned} u_1 &= u_0 + (h_1 - z) \theta_y + (1 - y/b^2) f \\ u_2 &= u_0 + z \theta_y + b_1 \theta_z \\ u_3 &= u_0 + z \theta_y - b_2 \theta_z \end{aligned} \right\} \dots (2)$$

ここに、 u_0 : shear lag によって生ずる図心の軸方向変位、 θ_y, θ_z : それぞれ、 y, z 軸に関するたわみ角、 f : フランジプレート内に shear lag

によって生ずる変位とする。

以上の4つの未知量 $\theta_y, \theta_z, u_0, f$ を断面力と外力とのつり合い、および、Galerkin法を適用し

て求めると、つぎの基礎微分方程式を得る。

$$\left. \begin{aligned} F \cdot dU_0/d\lambda + A_u \cdot df/d\lambda &= 0 \\ I_{y_1} \cdot d\theta_y/d\lambda + I_{y_2} \cdot d\theta_z/d\lambda + S_y \cdot df/d\lambda + M_y/E &= 0 \\ I_{y_2} \cdot d\theta_y/d\lambda + I_{y_1} \cdot d\theta_z/d\lambda + S_z \cdot df/d\lambda &= 0 \\ F I_u \cdot d^2 f/d\lambda^2 + S_y \cdot d^2 \theta_y/d\lambda^2 - 8 G t_u R_c / (3 E b R_c) \cdot f &= 0 \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

これらの微分方程式は、常微分方程式であり、かつ容易に変数分離することができるので、未知量を直ちに解くことができ、また、この解より曲線げた橋のため、ねじり角も求めることができる。

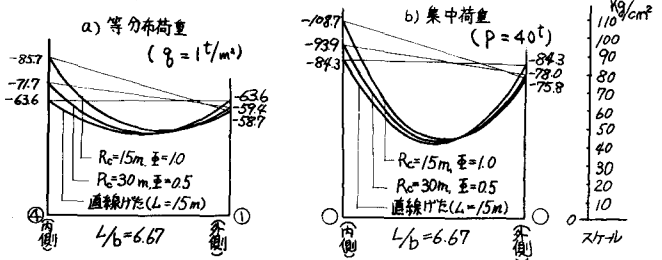
3. 数値計算例

大阪市によって建設された長柄バイパス曲線橋をモデルとして、上フランジプレート内の shear lag による垂直応力分布の数値計算を行なったものを、図-3 に示す。

ただし、断面常数は $b = 2.25 \text{ m}$,

図-3 フランジプレート内の垂直応力分布

$F_1 = F_4 = 200.0 \text{ cm}^2$, $F_2 = F_3 = 30.0 \text{ cm}^2$,
 $A_u = 30.0 \text{ cm}$, $A_1 = 2.1 \text{ cm}^2$, $S_1 = 234.0 \text{ cm}^3$,
 $I_u = 2.121 \times 10^4 \text{ cm}^4$, $h = 2.0 \text{ m}$, $t_u = 1.2 \text{ cm}$,
 $t_w = 0.9 \text{ cm}$ とする。



4. 曲線げた橋の有効幅

図-5 に示すように、曲線げた橋の有効幅, $b_{m,l}$, $b_{m,r}$ を定義する。

図-5 有効幅の定義

すなわち、

$$\int_{-b}^{b+b_{m,l}} \bar{\sigma}_u dy = \int_{-b}^b \bar{\sigma}_u dy, \int_b^{b+b_{m,r}} \bar{\sigma}_u dy = \int_b^b \bar{\sigma}_u dy \dots (4)$$

3. に述べた断面を用いて、 $R_s = 30.0 \text{ m}$ とし、スパン $L = R_s$ 重を種々変化させたときの有効幅を、式(3)より求めた結果を表-1 に示す。

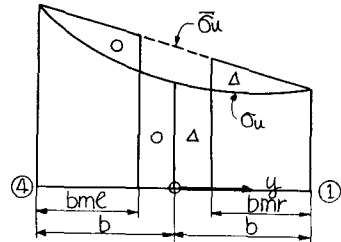


表-1 曲線げた中央断面における有効幅 b_m/b と L/b の関係

φ-重/2点	L/b	等分布荷重					集中荷重				
		4.0	8.0	12.0	16.0	20.0	4.0	8.0	12.0	16.0	20.0
直線げた	b_m/b	0.600	0.848	0.927	0.958	0.972	0.500	0.697	0.784	0.832	0.863
曲線げた	$b_{m,l}/b$	0.593	0.840	0.920	0.951	0.966	0.494	0.692	0.784	0.837	0.874
	$b_{m,r}/b$	0.601	0.846	0.923	0.953	0.968	0.501	0.701	0.791	0.844	0.880

5. むすび 表-1 に示したように曲線げた橋の有効幅は、曲率中心に対して外側のフランジのほうがわずかに小さいだけで、実用的には内側の値とほとんど等しいと考えてよい。また、一方、直線げた橋の値とも大差ないので、曲線げた橋のスパンを $L = R_s$ 重と差えるならば、文献1)の値によって有効幅を定めてもよいように思われる。本研究を行なうに当り、色々御指導賜った阪大小松教授に感謝する次第である。

1) 近藤, 小松, 中井 “鋼床版桁橋の有効幅に関する研究”, 土木学会論文集 86号

2) 北田, 中井 “曲線げた橋の有効幅に関する基礎的研究”, 土木学会関西支部報. 45.5.