

斜張橋の有効幅に関する研究

大阪市立大学工学部 正員 中井 博

〃 〃 山口 寿男

〃 〃 水谷 克己

1. まえがき

著者らは以前より連続鋼床版桁橋の shear lag 現象を解析し、その解の妥当性を実験によっても確かめ、連続鋼床版桁橋の有効幅について種々考察してきた。しかしながら、近年建設される機会が多い斜張橋の有効幅に関する研究はほとんどなく、単に連続げた橋の規定を準用しているのが現状である。本文は、文献²⁾の基礎式を拡張して、斜張橋の shear lag を伝達マトリックス法で解析し、斜張橋のフランジ有効幅について考察するものである。

2. 基礎式

図-1は図心 O_n に作用する断面力と変形量、およびデッキプレートに作用する軸方向力と軸方向変位を示したものである。

a. 断面力と変形量の関係式

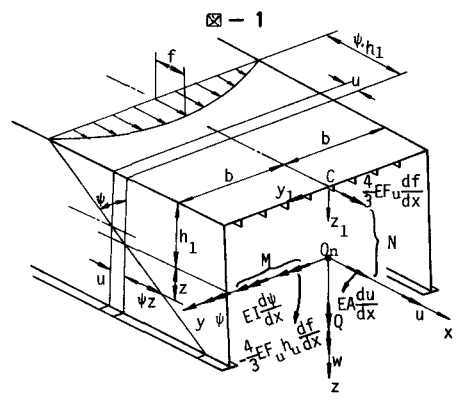
$$\frac{4}{3} E F_u \frac{df(x)}{dx} + EA \frac{du(x)}{dx} = N(x) \quad \dots (1)$$

$$EI \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} - \frac{4}{3} E F_u h_u \frac{df(x)}{dx} = M(x) \quad \dots (2)$$

$$-F_u h_u \frac{d^2 \psi(x)}{dx^2} + \frac{4}{5} F_u \frac{d^2 f(x)}{dx^2} + F_u \frac{d^2 u(x)}{dx^2} - 2 \frac{G t_u}{E b} f(x) = 0 \quad \dots (3)$$

b. 断面力のつり合い式

$$\frac{dQ}{dx} = -q, \quad \frac{dM}{dx} = Q, \quad \frac{dN}{dx} = -p \quad \dots (4)$$



3. 解析法

a. Field matrix

式(5)は微分方程式の解を Field matrix で表わしたものである。ただし、所与の計算精度を確保するために、文献⁵⁾より、

$$\left. \begin{aligned} U_b &= U + \delta f(x), \quad W_b = W + \frac{\delta}{F_u a^2} \frac{df(x)}{dx} \\ \psi_b &= \psi - \frac{\delta}{h_u} f(x) \\ \tilde{f}(x) &= f(x) / \cosh \alpha x \\ \tilde{m}(x) &= m(x) / \cosh \alpha x \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$\tilde{\mathbf{F}}_x^* =$$

$U_b(x)$	$U_b(x)$	$\psi_b(x)$	$\tilde{f}(x)$	$\tilde{m}(x)$	$M(x)$	$Q(x)$	$N(x)$	1
1	0	0	0	0	0	0	$\frac{1}{6} \frac{A_c}{A}$	$-\frac{p}{2} \frac{b^2}{l^2} \frac{A_c}{A}$
0	1	$-\frac{b}{l_c}$	0	0	$-\frac{1}{2} \frac{I_c}{I} \left(\frac{l}{l_c}\right)^2$	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I}$	0	$\frac{1}{6} \frac{I_c}{I} \left(\frac{l}{l_c}\right)^3$
0	0	1	0	0	$\frac{1}{I} \frac{I_c}{l_c}$	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I} \left(\frac{l}{l_c}\right)^2$	0	$-\frac{1}{6} \frac{I_c}{I} \left(\frac{l}{l_c}\right)^3$
0	0	0	1	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I}$	0	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I}$	0	$\frac{1}{6} \frac{I_c}{I}$
0	0	0	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I}$	1	0	$\frac{1}{2} \frac{I_c}{I}$	0	$\frac{1}{6} \frac{I_c}{I}$
0	0	0	0	0	1	$\frac{l}{l_c}$	0	$-\frac{p}{2} \left(\frac{l}{l_c}\right)^2$
0	0	0	0	0	0	1	0	$-\frac{p}{2} \frac{l}{l_c}$
0	0	0	0	0	0	0	1	$-\frac{p}{2} \frac{l}{l_c}$
0	0	0	0	0	0	0	0	1

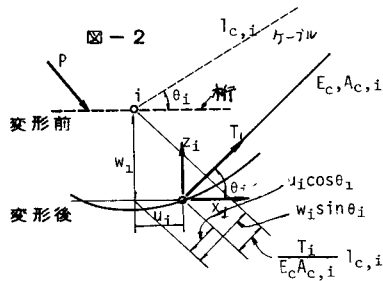
... (5)

と置き、双曲線関数項の分離・単位化を行っている。ただし、 $m(x) = \frac{4}{3} E F_u h_u \frac{df(x)}{dx}$,

$$f_{27}^* = -\frac{1}{6} \frac{I_c}{I} \left\{ \frac{1}{6} \left(\frac{l}{l_c}\right)^2 - \frac{p \delta}{\alpha^2 l_c^2} \right\}, \quad f_{29}^* = \frac{I_c}{I} \left\{ \frac{1}{24} \left(\frac{l}{l_c}\right)^4 - \frac{1}{2} \frac{l}{l_c^2} \frac{p \delta}{\alpha^2} \right\} + p \frac{l}{l_c} \frac{h_u p \delta}{l_c^2 \alpha^2},$$

$$\begin{aligned}
 f_{45}^* &= \frac{I_c}{I} \frac{h_u}{h_c} \frac{\alpha_c}{\alpha} \frac{1}{\delta_c} \tan h \alpha l, & f_{47}^* &= \beta \frac{I_c}{I} \frac{h_u}{h_c} \frac{\alpha_c^2}{\alpha} \frac{1}{\alpha_c \delta_c} \frac{\cosh \alpha l - 1}{\cosh \alpha l}, & f_{49}^* &= -\beta^2 \frac{I_c}{I} \frac{h_u}{h_c} \frac{\alpha_c^3}{\alpha} \left(\frac{1}{\alpha_c \delta_c} \right) \frac{\sinh \alpha l - \alpha l}{\cosh \alpha l} + \rho^* \beta \frac{I_c}{A \delta_c^2} \left(\frac{\alpha_c}{\alpha} \right) \frac{1}{\alpha_c h_c} \frac{\cosh \alpha l - 1}{\cosh \alpha l}, \\
 f_{54}^* &= \frac{I_c}{I} \frac{h_u}{h_c} \frac{\alpha}{\delta_c} \tan h \alpha l, & f_{57}^* &= \beta \frac{1}{\alpha \delta_c} \frac{1}{\delta_c} \tan h \alpha l, & f_{59}^* &= -\beta^2 \frac{1}{\alpha \delta_c} \left(\frac{1}{\delta_c} \right) \frac{\cosh \alpha l - 1}{\cosh \alpha l} + \rho^* \beta \frac{h_c}{\delta_c} \frac{1}{\alpha \delta_c} \tan h \alpha l,
 \end{aligned}$$

b. Point matrix



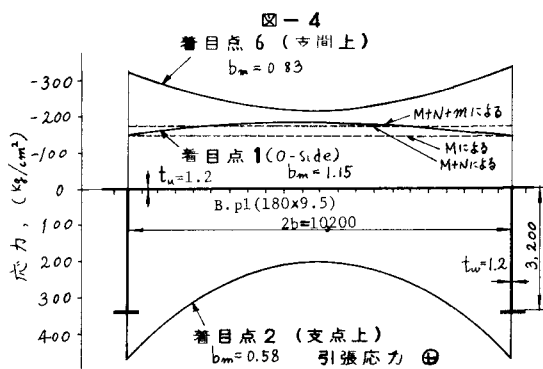
$$\tilde{P}_i^* = \begin{bmatrix} 1 & & & \\ & 1 & & \\ & 0 & & \\ & & 0 & \\ & & & 1 \end{bmatrix} \quad \tilde{Y}_{i, \rho}^* = \begin{bmatrix} \frac{1}{\pi \cosh \alpha l_i} & & & \\ & \frac{1}{\pi \cosh \alpha l_i} & & \\ & & \frac{k_{11}}{\pi \cosh \alpha l_i} & \frac{k_{12}}{\pi \cosh \alpha l_i} \\ & & \frac{k_{21}}{\pi \cosh \alpha l_i} & \frac{k_{22}}{\pi \cosh \alpha l_i} \end{bmatrix} \quad \dots (9)$$

式(8)はクーガル取付点における Point matrix であり, 式(9)は f_s^*, m_s^* 列に着目した State matrix である。ただし, f_s^*, m_s^* は格点 i に新たに導入した予静定量であり, これを求める中間条件式は次式で得られる。

$$f_{i, \rho} - \frac{f_s^*}{\pi \cosh \alpha l_i} = 0, \quad m_{i, \rho} - \frac{m_s^*}{\pi \cosh \alpha l_i} = 0 \quad \dots (10)$$

4. 数値計算例

図-4は尾道大橋をモデルにして, 着目断面に一番大きな断面力が生ずるようにL荷重を載荷した時のデッキアレーの応力分布図一例を示したものである。また, 表-1は各着目断面における斜張橋の有効幅と連続桁の有効幅とを比較して示したものである。



5. あとがき

本文では Tower は変形しないものとして解析した。発表当日, 斜張橋の有効幅について考察したものゝ種々述べる次第である。

参考文献 (1) 小松定夫, 土木学会論文集才58号

(2) 近藤, 小松, 中井; 土木学会論文集才86号

(3) 中井, 事口, 亀井; 土木学会関西支部, 昭48 (I-23) (4) 小松定夫, 北田俊行; 土木学会関西支部, 昭49 (I-38)

(5) 中井, 事口; 土木学会論文報告集, 才233号

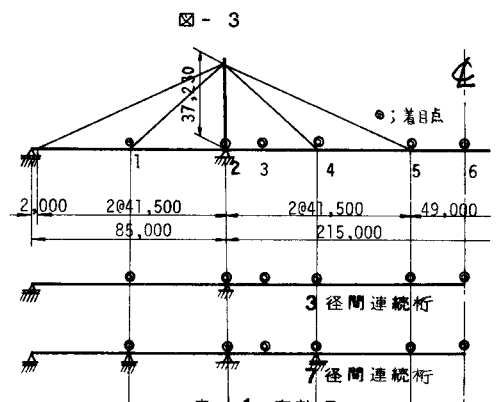


表-1 有効幅

着目点	1	2	3	4	5	6
斜張橋	1.18(-)	0.58(+)	0.73(-)	1.22(-)	1.09(-)	0.83(-)
3 径間	0.91(-)	0.77(+)	0.85(-)	0.90(-)	0.96(-)	0.98(-)
7 径間	0.38(+)	0.37(+)	0.66(-)	0.65(+)	0.88(-)	0.92(-)

上側 L-side, 下側 O-side ⊕ 引張応力