I-31 対傾構の変形を考慮した箱型トラスの立体解析

大阪大学 正員 小松定夫
大阪大学 正員 ○西村宣男
大阪大学 学生員 平山健一

1. まえがき

箱型断面トラスの立体解析に用いられる手法としては、一般的な変形法によるものと、トラス部材を連続体に換算して微分方程式に導く方法とが考えられる。微分方程式による解法は節点数の多い場合に、変形法に較べて極めて計算時間が短く、実用的な精度で解を得ることができるので有効である。

連続体箱型ばりのねじり理論はBenscotter等によって発展した。ここでは鉄道、道路併用橋等でダブルデッキ構造となり、断面形を保持するに十分剛な対傾構を組むことができない場合について、断面の変形（ずれ）を考慮したVlasov等の薄板理論を拡張した。そしてトラスの構造特性に留意して、対傾構の変形を考慮した箱型トラス橋の立体変形に関する基礎方程式を導き、対傾構のせん断剛性の効果について考察を加えた。

2. 基礎方程式の誘導

図1に示すような2軸対称箱型断面に対し、3つの変形モード、そりw，ねじれ角φ，ずれ角θを考慮した場合の釣合式は

$$a w'' - b_1 w - b_2\varphi' - b_1\theta' = 0, \qquad b_1\varphi'' + b_2 w' + b_2\theta'' + m_t = 0, \qquad (1)$$
$$b_2\varphi'' + b_1 w' + b_1\theta'' - \gamma\theta + m_\theta = 0$$

ここに、 $a = EA_c b^2h^2/4$, $b_1 = (t_1 b + t_2 h)bh/2$, $b_2 = (t_1 b - t_2 h)bh/2$

$t_1 = EA_d h\lambda/D^3$, $t_2 = 2EA_r b\lambda/R^3$

$w = f'$ なる関数を導入して(1)式を整理するとfに関する6階の微分方程式を得る。

$$f^{VI} - 2r^2 f^{IV} + s^4 f'' - \frac{b_2\gamma m_t}{a(b_1^2 - b_2^2)} = 0 \qquad (2)$$

ここに、 $r^2 = b_1\gamma/2(b_1^2 - b_2^2)$, $s^4 = \gamma/a$

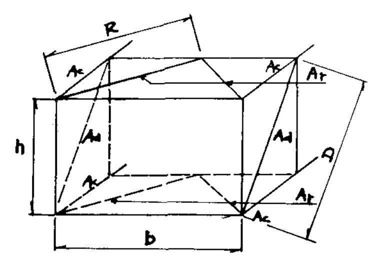

図1 箱型トラス断面

3. 方程式の解

i) $r > s$ の場合

$$f = C_1\cosh\alpha z + C_2\sinh\alpha z + C_3\cosh\beta z + C_4\sinh\beta z$$
$$+ C_5 z + C_6 + \frac{b_2 m_t}{2(b_1^2 - b_2^2)} z^2, \qquad \alpha = \sqrt{r^2 + \sqrt{r^4 - s^4}}, \quad \beta = \sqrt{r^2 - \sqrt{r^4 - s^4}} \qquad (3)$$

ii) $r = s$ の場合

$$f = C_1\cosh\alpha z + C_2\sinh\alpha z + C_3 z\cosh\alpha z + C_4 z\sinh\alpha z + C_5 z + C_6 + \frac{b_2 m_t}{2(b_1^2 - b_2^2)} z^2 \qquad (4)$$
$$\alpha = r = s$$

iii) $r < s$ の場合

$$f = C_1\cosh\alpha z\sin\beta z + C_2\cosh\alpha z\cos\beta z + C_3\sinh\alpha z\cos\beta z + C_4\sinh\alpha z\sin\beta z$$
$$+ C_5 z + C_6 + \frac{b_2 m_t}{2(b_1^2 - b_2^2)} z^2 \qquad (5)$$
$$\alpha = \sqrt{(s^2 + r^2)/2}, \qquad \beta = \sqrt{(s^2 - r^2)/2}$$

C1〜C6は境界条件で決定されるが、吊橋補剛トラスのように両端ペンドラムでそりに対して拘束されず、またWind shoeで断面のずれが拘束される場合は

$$\varphi(0)=0,\quad \theta(0)=0,\quad w'(0)=0,\quad \varphi(l)=0,\quad \theta(l)=0,\quad w'(l)=0 \tag{6}$$

図2に示すように一般のトラス橋では、次の境界条件が用いられる。

$$\begin{aligned}&\varphi(0)+\theta(0)=0,\quad a w'(0) \quad M_w,\quad \theta(0)=-\frac{T(0)-Q(0)+Q_z(0)h}{\Gamma_0}\\ &\varphi(l)+\theta(l)=0,\quad w'(l)=0,\quad \theta(l)=-\frac{T(l)-Q(l)+Q_z(l)h}{\Gamma_0}\end{aligned} \tag{7}$$

ここにΓ_0は端対傾構のせん断剛性、端曲げねじりモーメントM_wは支点A, Bに変位が生じないこと、A', B'点で軸方向力が作用しない条件によって次式で与えられる。

$$M_b = 2M_w/h,\quad W(0)bh/4+v'(0)b/2=0 \text{ より } \quad M_w = w(0)\cdot 3R^2EI/4l \tag{8}$$

Q_zは端曲げモーメントM_bによって生ずるせん断力である。

4. 単純支持トラス橋の変形と応力

図3〜図5に式(6)の境界条件で計算した結果の一例を示す。対傾構のせん断剛性γは、ずれ角θ、ずれモーメントQおよび曲げねじりモーメントM_wに対し大きな影響をもつ。スパンが長くなると断面のずれ、そりに対する影響は少くなる。$\beta/\alpha=0.73$の場合、無次元パラメター$\alpha l=20$で、変形はほぼ剛な対傾構の場合に近づき、断面のずれを無視できると考えてよい。

他の境界条件、荷重状態に関しては、講演当日申し上げる予定である。

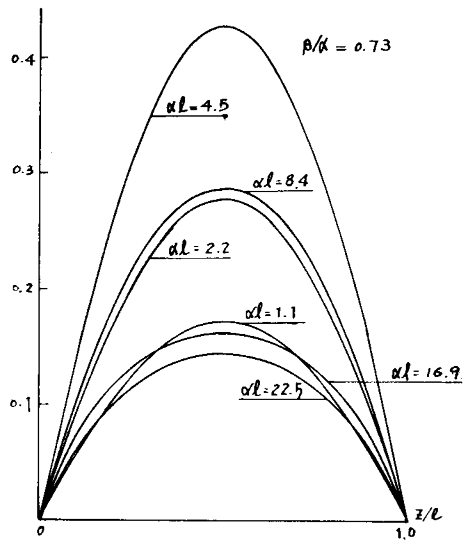

図3 橋面傾斜角のスパン方向分布

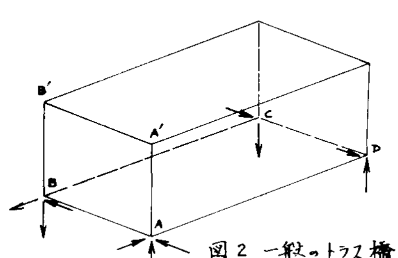

図2 一般のトラス橋の支持状態

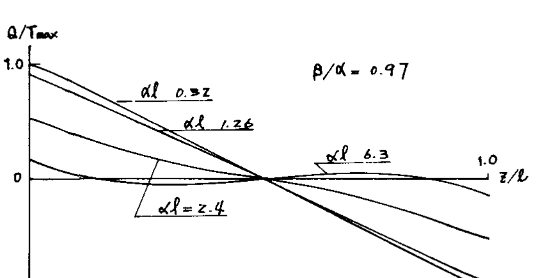

図5 ずれモーメントの分布

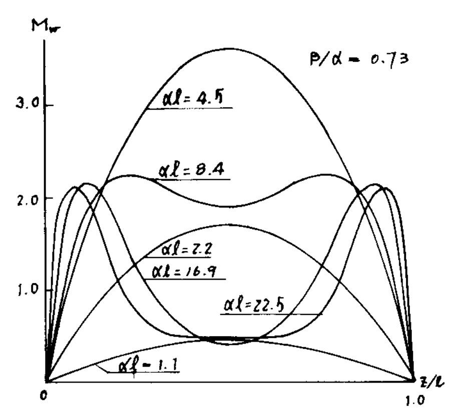

図4 曲げねじりモーメントの分布