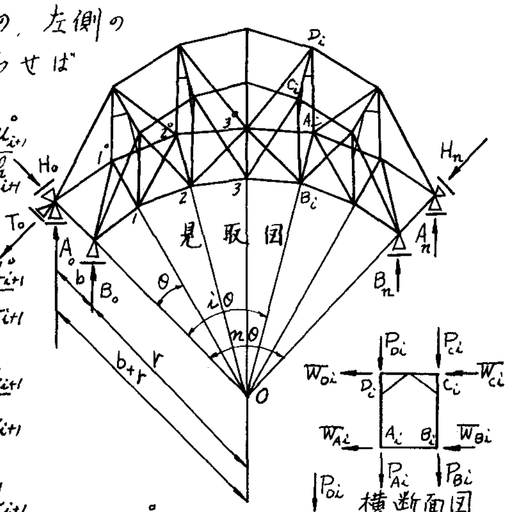
II－9　曲線形の立体トラス橋について

山梨大学工学部　正員　近藤繁人

自動車交通の流れを円滑にするために曲線中に橋を架設しなければならない場合が非常に多くなって来たので，まず曲線形の静定立体トラスを考え，その反力および部材応力を求めてみた。右の図の場合は $r+m-2p_2-3p_3-5b=7+65-2\times5-3\times4-5\times10=0$ となり静定である。いま格点 i を含む鉛直横断面の，左側の格間の部材応力を使って右側格間の部材応力を表わせば



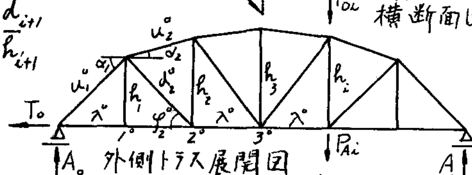
$$U^{\circ}_{i+1}=\left\{\begin{aligned}&U^{\circ}_i\frac{(2h_i-h_{i-1})}{u^{\circ}_i}-D^{\circ}_i\frac{h_{i-1}}{d^{\circ}_i}-\frac{h_i}{\lambda^{\circ}}Q_{Di}\sec\frac{\theta}{2}+P_{Ai}\\&+\frac{h_i}{b}\left[W_{Ci}+W_{Di}+(Q_{Ci}+Q_{Di})\tan\frac{\theta}{2}-2\sin\frac{\theta}{2}\left(U^{\circ}_i\frac{\lambda^{\circ}}{u^{\circ}_i}+U_i\frac{\lambda}{u_i}\right)\right]\end{aligned}\right\}\frac{u^{\circ}_{i+1}}{h_{i+1}}$$

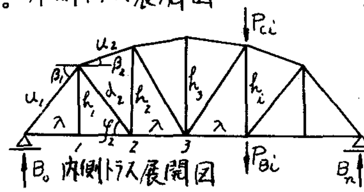
$$D^{\circ}_{i+1}=\left\{\begin{aligned}&-U^{\circ}_i\frac{2h_i-h_{i-1}-h_{i+1}}{u^{\circ}_i}+D^{\circ}_i\frac{h_{i-1}}{d^{\circ}_i}-\frac{h_{i+1}-h_i}{\lambda^{\circ}}Q_{Di}\sec\frac{\theta}{2}-P_{Ai}\\&-\frac{h_i}{b}\left[W_{Ci}+W_{Di}+(Q_{Ci}+Q_{Di})\tan\frac{\theta}{2}-2\sin\frac{\theta}{2}\left(U^{\circ}_i\frac{\lambda^{\circ}}{u^{\circ}_i}+U_i\frac{\lambda}{u_i}\right)\right]\end{aligned}\right\}\frac{d^{\circ}_{i+1}}{h_{i+1}}$$

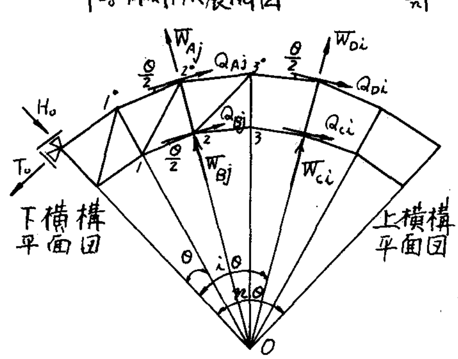
$$U_{i+1}=\left\{\begin{aligned}&U_i\frac{(2h_i-h_{i-1})}{u_i}-D_i\frac{h_{i-1}}{d_i}-\frac{h_i}{\lambda}Q_{Ci}\sec\frac{\theta}{2}+P_{Bi}\\&-\frac{h_i}{b}\left[W_{Ci}+W_{Di}+(Q_{Ci}+Q_{Di})\tan\frac{\theta}{2}-2\sin\frac{\theta}{2}\left(U^{\circ}_i\frac{\lambda^{\circ}}{u^{\circ}_i}+U_i\frac{\lambda}{u_i}\right)\right]\end{aligned}\right\}\frac{u_{i+1}}{h_{i+1}}$$

$$D_{i+1}=\left\{\begin{aligned}&-U_i\frac{2h_i-h_{i-1}-h_{i+1}}{u_i}+D_i\frac{h_{i-1}}{d_i}-\frac{h_{i+1}-h_i}{\lambda}Q_{Ci}\sec\frac{\theta}{2}-P_{Bi}\\&+\frac{h_i}{b}\left[W_{Ci}+W_{Di}+(Q_{Ci}+Q_{Di})\tan\frac{\theta}{2}-2\sin\frac{\theta}{2}\left(U^{\circ}_i\frac{\lambda^{\circ}}{u^{\circ}_i}+U_i\frac{\lambda}{u_i}\right)\right]\end{aligned}\right\}\frac{d_{i+1}}{h_{i+1}}$$

$$\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$







この反力を求めるのには，点 O，A_0，A_n を通る鉛直線，および直線 A_0B_0，A_nB_n を軸として $\Sigma M_0=0$　$\Sigma M_{A_0}=0$　$\Sigma M_{A_n}=0$　$\Sigma M_{A_0B_0}=0$　$\Sigma M_{A_nB_n}=0$ を作り，さらに $\Sigma V=0$ および左支点の反力を使って求めたトラス部材の応力は，右支点の反力を使って求めた同部材の応力に等しいという式を作れば，7個の未知反力に対して7個の釣合条件式ができるのでこれを解くことができる。この最後の式は（1）において $i=0$ とおいて U°_1，U_1 を求め，$i=1$ とおいて U°_2 U_2 を求め，さらに $i=2$ とおいて U°_3 U_3 を求める。同じことを繰り返して，右反力を使って $U^{\circ\prime}_3$，U'_3 を求め $U^{\circ}_3=U^{\circ\prime}_3$ または $U_3=U'_3$ を作ることができる。かようにして色々な荷重に対する反力の影響線を求めると次のようになる。

1. 鉛直荷重 P＝1 が左から i 番目の外側の 上弦または下弦格点に作用した場合

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{(b+r)\sin(n-i)\theta}{b\sin n\theta} - \frac{r(n-i)}{bn} & A_n &= \frac{(b+r)\sin i\theta}{b\sin n\theta} - \frac{ri}{bn} \\ B_0 &= \frac{-(b+r)\sin(n-i)\theta}{b\sin n\theta} + \frac{(b+r)(n-i)}{bn} & B_n &= \frac{-(b+r)\sin i\theta}{b\sin n\theta} + \frac{(b+r)i}{bn} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (2)$$

2. 鉛直荷重 P＝1 が左から i 番目の 内側の 上弦または下弦格点に作用した場合

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{r\sin(n-i)\theta}{b\sin n\theta} - \frac{r(n-i)}{bn} & A_n &= \frac{r\sin i\theta}{b\sin n\theta} - \frac{ri}{bn} \\ B_0 &= \frac{-r\sin(n-i)\theta}{b\sin n\theta} + \frac{(b+r)(n-i)}{bn} & B_n &= \frac{-r\sin i\theta}{b\sin n\theta} + \frac{(b+r)i}{bn} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (3)$$

3. 遠心荷重 W＝1 が左から i 番目の 外側または内側の 上弦格点に作用した場合

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= -B_0 = \frac{h_i\sin(n-i)\theta}{b\sin n\theta} & A_n &= -B_n = \frac{h_i\sin i\theta}{b\sin n\theta} \\ T_0 &= 0 \quad H_0 = \frac{\sin(n-i)\theta}{\sin n\theta} & H_n &= \frac{\sin i\theta}{\sin n\theta} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (4)$$

4. 遠心荷重 W＝1 が左から i 番目の 外側または内側の 下弦格点に作用した場合

T_0 H_0 H_n は式（4）と同じで $A_0 = B_0 = A_n = B_n = 0$ となる。

5. 接線荷重 Q＝1 が左から i 番目の 外側の 上弦格点に作用した場合

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{h_i r}{nb(b+r)\sin\theta} - \frac{h_i\cos(n-i)\theta}{b\sin n\theta} & A_n &= \frac{-h_i r}{nb(b+r)\sin\theta} + \frac{h_i\cos i\theta}{b\sin n\theta} \\ B_0 &= \frac{-h_i}{nb\sin\theta} + \frac{h_i\cos(n-i)\theta}{b\sin n\theta} & B_n &= \frac{h_i}{nb\sin\theta} - \frac{h_i\cos i\theta}{b\sin n\theta} \\ T_0 &= 1 \quad H_0 = \frac{\cos n\theta - \cos(n-i)\theta}{\sin n\theta} & H_n &= \frac{\cos i\theta - 1}{\sin n\theta} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (5)$$

6. 接線荷重 Q＝1 が左から i 番目の 外側の 下弦格点に作用した場合

T_0 H_0 H_n は式（5）と同じで $A_0 = +B_0 = A_n = B_n = 0$ となる。

7. 接線荷重 Q＝1 が左から i 番目の 内側の 上弦格点に作用した場合

$$\left.\begin{aligned} A_0 &= \frac{h_i}{nb\sin\theta} - \frac{h_i\cos(n-i)\theta}{b\sin n\theta} & A_n &= \frac{-h_i}{nb\sin\theta} + \frac{h_i\cos i\theta}{b\sin n\theta} \\ B_0 &= \frac{-h_i(b+r)}{nbr\sin\theta} + \frac{h_i\cos(n-i)\theta}{b\sin n\theta} & B_n &= \frac{h_i(b+r)}{nbr\sin\theta} - \frac{h_i\cos i\theta}{b\sin n\theta} \\ T_0 &= \frac{r}{b+r} \quad H_0 = \frac{r\cos n\theta}{(b+r)\sin n\theta} - \frac{\cos(n-i)\theta}{\sin n\theta} & H_n &= \frac{-r}{(b+r)\sin n\theta} + \frac{\cos i\theta}{\sin n\theta} \end{aligned}\right\} \cdots\cdots (6)$$

8. 接線荷重 Q＝1 が左から i 番目の 内側の 下弦格点に作用した場合

T_0 H_0 H_n は式（6）と同じで $A_0 = B_0 = A_n = B_n = 0$ となる。

部材応力の影響線は上の式を（1）に代入して求めることができる。なお直線形の立体トラスに対しては，上の式において $r \to \infty$ $\theta \to 0$ $r\theta \to \lambda$ などとおけばよい。