# I − 4　立体曲線トラスの応力解析について


九州大学　正員　村　上　　正

〃　　　正員○会　田　忠　義


立体曲線トラスの応力解析について二三の研究がなされている現状であるが，本研究は Gottfeldt の精密計算法に一歩を加え，一般的な荷重に対して応力解析を試みたもので，考察したトラスは静定で，一横構を有し，対傾構が半径方向に存在する構造である。

解析に当っては，平面トラスはネジリに全く抵抗しないものと考え，まず内外側各主ゲタトラスの各格点に作用する格点力 $\Delta Q$ を求め，しかる後に，各主ゲタトラスを真直に伸したトラスを想定して，これに集中荷重として $-\Delta Q$，外力モーメントとして格点の曲げモーメントの変化量を作用させて断面力を求めた。

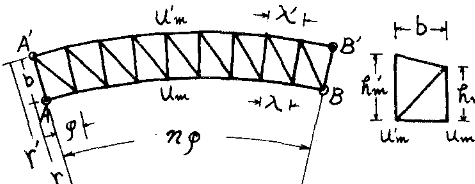


図 − 1

図−1に示すn格間からなるトラスに図−2aの如く荷重が各節点に作用した場合を考える。断面力を求めるのに，図−2bの荷重を考えればよい。

このツリアイ状態にある立体曲線トラスを内外側各主ゲタトラスに分離して格点力を求め，格点力相互の関係式を求めると，式(1)，および(2)になる。

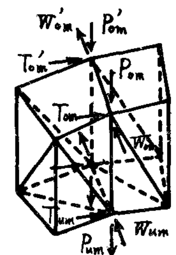


図 − 2a

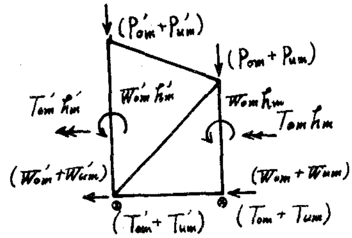


図 − 2b

$$\Delta Q_{m-1}-2\cos\varphi\,\Delta Q_m+\Delta Q_{m+1}=-P_{m-1}+2P_m-P_{m+1}-(P_m+P'_m)\frac{\lambda\lambda'}{br}+\tan\gamma_o\{k_{m-1}\overline{W}_{om-1}-2k_m\overline{W}_{om}+k_{m+1}\overline{W}_{om+1}\}$$
$$-\tan\gamma_o\tan\tfrac{1}{2}\varphi\,\{k_{m-1}\overline{T}_{om-1}-k_{m+1}\overline{T}_{om+1}\}\qquad\cdots(1)$$

$$\Delta Q'_{m-1}-2\cos\varphi\,\Delta Q_m+\Delta Q_{m+1}=-P'_{m-1}+2P'_m-P'_{m+1}+(P_m+P'_m)\frac{\lambda\lambda'}{br'}-\tan\gamma_o\{k_{m-1}\overline{W}_{om-1}-2k_m\overline{W}_{om}+k_{m+1}\overline{W}_{om+1}\}$$
$$+\tan\gamma_o\tan\tfrac{1}{2}\varphi\,\{k_{m-1}\overline{T}_{om-1}-k_{m+1}\overline{T}_{om+1}\}\qquad\cdots(2)$$

ここで，$\tan\gamma_o=\frac{h_o}{b}$，　$k_m=\frac{h_{om}}{h_o}$，　$h_o$ = 基準ケタ高さ，　$h_{om}=\frac{1}{\overline{T}_{om}}(h_mT_{om}+h'_mT'_{om})$，又は，
$h_{om}=\frac{1}{\overline{W}_{om}}(h_mW_{om}+h'_mW'_{om})$，　$\overline{T}_{om}=T_{om}+T'_{om}$，　$\overline{W}_{om}=\overline{W}_{om}+W'_{om}$，　$P_m=P_{om}+P_{um}$，　$P'_m=P'_{om}+P'_{um}$

式(1)および(2)を解くと，

$$\Delta Q_m=\sum_{i=1}^{n-1}\beta_{im}B_i,\qquad\cdots(3)\qquad\Delta Q'_m=\sum_{i=1}^{n-1}\beta_{im}B'_i\qquad\cdots(4)$$

ここで，

$m\geq i$ のとき，$\beta_{im}=-\frac{\sin i\varphi\,\sin(n-m)\varphi}{\sin\varphi\,\sin n\varphi}$，　$m\leq i$ のとき，$\beta_{im}=-\frac{\sin(n-i)\varphi\,\sin m\varphi}{\sin\varphi\,\sin n\varphi}$

一方外力モーメントは，格点におけるモーメントのツリアイから $\dfrac{T_{om}\cdot h_m}{\cos\frac{1}{2}\varphi}$ ， $\dfrac{T'_{om}\cdot h_m}{\cos\frac{1}{2}\varphi}$ となる。

ここで，同じトラスの格点 $k$ および $k'$ にのみ荷重 $P_{ok}$, $P'_{ok}$（合力の位置 $r_o$），$W_{om}$, $W'_{om}$, $T_{om}$, $T'_{om}$ が作用したときの格点力および断面力を求めると次のようになる。

$$m > k,\quad \Delta Q_m = -\Delta Q'_m = -\frac{4P_{ok}r_o}{b}\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{km} - 4k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{km} + 2k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\tan\frac{1}{2}\varphi\,\frac{\cos k\varphi\sin(n-m)\varphi}{\sin n\varphi} \quad \cdots (5)$$

$$m < k,\quad \Delta Q_m = -\Delta Q'_m = -\frac{4P_{ok}r_o}{b}\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{km} - 4k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{km} - 2k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\tan\frac{1}{2}\varphi\,\frac{\cos(n-k)\varphi\sin m\varphi}{\sin n\varphi} \quad \cdots (6)$$

$$m = k,\quad \Delta Q_k + P_{ok} = -(\Delta Q'_k + P'_{ok}) = -\frac{4P_{ok}r_o}{b}\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{kk} + k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o - 4k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\sin^2\frac{1}{2}\varphi\,\beta_{kk}$$

$$- k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\tan\frac{1}{2}\varphi + 2k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\tan\frac{1}{2}\varphi\,\frac{\cos k\varphi\sin(n-m)\varphi}{\sin\varphi\sin n\varphi} \quad \cdots (7)$$

反力は，

$$A - \overline{P}_{ok}r'\frac{(n-k)}{bn} + \frac{h_kr' + h_{ok}r - h_kr_o}{h_or}\,\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi} = -A' - \overline{P}_{ok}r\frac{(n-k)}{bn} + \frac{h_{ok}r' + h'_kr - h_kr_o}{h_or'}\,\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi}$$

$$= -P_{ok}r_o\frac{\sin(n-k)\varphi}{b\sin\varphi} - k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin(n-k)\varphi}{\sin n\varphi} + k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\frac{\cos(n-k)\varphi}{\sin n\varphi} \quad \cdots (8)$$

セン断力は，$m \leq k$ のとき，

$$Q_m - \overline{P}_{ok}r'\frac{(n-k)}{bn} + \frac{h_kr' + h_{ok}r - h_kr_o}{h_or}\,\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi} = -Q'_m - \overline{P}_{ok}r\frac{(n-k)}{bn} + \frac{h_{ok}r' + h'_kr - h'_kr_o}{h_or'}\cdot\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi}$$

$$= -\overline{P}_{ok}r_o\frac{\sin(n-k)\varphi\cos\frac{1}{2}(2m-1)\varphi}{b\sin n\varphi\cos\frac{1}{2}\varphi} - k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin(n-k)\varphi\cos\frac{1}{2}(2m-1)\varphi}{\sin n\varphi\cos\frac{1}{2}\varphi} + k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\frac{\cos(n-k)\varphi\cos\frac{1}{2}(2m-1)\varphi}{\sin n\varphi\cos\frac{1}{2}\varphi} \quad \cdots (9)$$

曲げモーメントは，$m \leqq k$ のとき，

$$M_m = m\lambda\overline{P}_{ok}\frac{n-k}{bn} - \lambda\overline{P}_{ok}r_o\frac{\sin(n-k)\varphi\sin m\varphi}{b\sin\varphi\sin n\varphi} - \lambda k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin(n-k)\varphi\sin m\varphi}{\sin\varphi\sin n\varphi}$$

$$+ \lambda k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin m\varphi\cos(n-k)\varphi}{\sin\varphi\sin n\varphi} - m\lambda\frac{h_kr' + h_{ok}r - h_kr_o}{h_or}\,\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi} \quad \cdots (10)$$

$$M'_m = -m\lambda'\overline{P}_{ok}\frac{n-k}{bn} + \lambda'P_{ok}r_o\frac{\sin(n-k)\varphi\sin m\varphi}{b\sin\varphi\sin n\varphi} + \lambda'k_k\overline{W}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin(n-k)\varphi\sin m\varphi}{\sin\varphi\sin n\varphi}$$

$$- \lambda'k_k\overline{T}_{ok}\tan\delta_o\frac{\sin m\varphi\cos(n-k)\varphi}{\sin\varphi\sin n\varphi} + m\lambda'\frac{h_{ok}r' + h'_kr - h'_kr_o}{h_or'}\cdot\frac{\overline{T}_{ok}\tan\delta_o}{n\sin\varphi} \quad \cdots (11)$$

上の断面力を用いて，上路，下路，およびポニーの各トラスの部材応力およびその影響線が計算される。