

九州大学 正員 村上 正
山口大学 会田 忠義

1. 概説 二重曲リ非扇形曲リトラスとは図-1に示すように下弦橋上弦橋ともよく、上下いずれかの一橋構を有するをもち、桁傾構が半径方向に存在する曲リトラスで、平面形が図-2のよき扇形ではなく外側主トラスまたは内側主トラスの端の1パネルが除去された形をいふものを指す。

今、これを一般的な荷重が作用（仮と名の仮解析法を参考する。解析にあつて、トラスの節長は平面トラスと同様、完全なセージと決定する。解析順序は扇形曲リトラスと同様で、曲リトラスの外側主トラスと内側主トラスを全数（仮と名の、外側主トラスの節長 m' および内側主トラスの節長 m' における節長をそれぞれ $\Delta Q_m, \Delta Q_m$ とし、これを求める。
(1) 仮に各主トラスを真直に伸（仮トラスを想定し、これを集中荷重として $\Delta Q_m, \Delta Q_m$ を用ひさせて主トラスの断面力を求める。 $\Delta Q_m, \Delta Q_m$ の間の相互関係を知る基本式は扇形曲リトラスと同様、次節で表わされる。

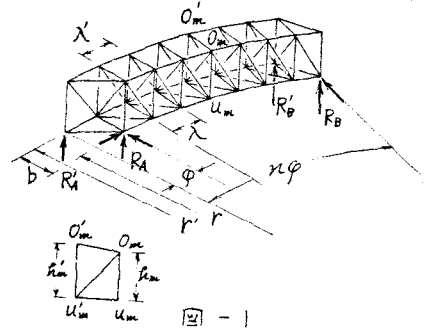


図-1

$$\Delta Q_{m-1} - 2\cos\phi\Delta Q_m + \Delta Q_{m+1} = B_m \quad (1)$$

$$\Delta Q'_{m-1} - 2\cos\phi\Delta Q'_m + \Delta Q'_{m+1} = B'_m \quad (2)$$

$$\begin{aligned} B_m &= -P_{m-1} + 2P_m - P_{m+1} + (P_m + P'_m) \frac{\Delta X}{b r} + \tan\phi_0 (R_m \overline{W}_{0m} - 2R_m \overline{W}_{0m} + R_{m+1} \overline{W}_{0m+1}) \\ &\quad - \tan\phi \tan\phi_0 (R_m \overline{W}_{0m} - R_{m+1} \overline{W}_{0m+1}) \\ B'_m &= -P'_{m-1} + 2P'_m - P'_{m+1} + (P_m + P'_m) \frac{\Delta X}{b r} - \tan\phi_0 (R_m \overline{W}_{0m} - 2R_m \overline{W}_{0m} + R_{m+1} \overline{W}_{0m+1}) \\ &\quad + \tan\phi \tan\phi_0 (R_m \overline{W}_{0m} - R_{m+1} \overline{W}_{0m+1}) \end{aligned}$$

上の基本式を各Typeの曲リトラスの各節長に適用すると、次の $\Delta Q_m, \Delta Q_m$ に関する連立方程式が得られる。

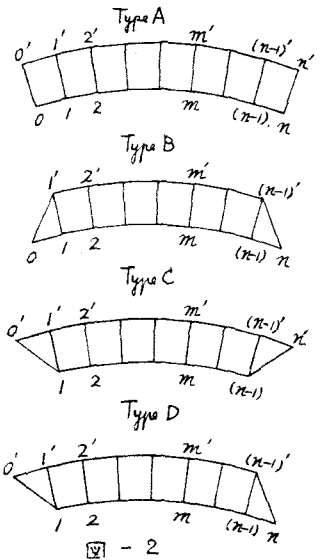


図-2

(a) Type A.

$$\begin{bmatrix} -2\cos\phi & 1 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 1 & -2\cos\phi & 1 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -2\cos\phi & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & \dots & 0 & \dots & -2\cos\phi & 1 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 1 & -2\cos\phi \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta Q_1, \Delta Q'_1 \\ \Delta Q_2, \Delta Q'_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-2}, \Delta Q'_{n-2} \\ \Delta Q_{n-1}, \Delta Q'_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_1, B'_1 \\ B_2, B'_2 \\ \vdots \\ B_{n-2}, B'_{n-2} \\ B_{n-1}, B'_{n-1} \end{bmatrix} \quad (3)$$

(b) Type B

(c) Type C

$$\begin{aligned} X \begin{bmatrix} \Delta Q_1, \Delta Q'_1 \\ \Delta Q_2, \Delta Q'_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-2}, \Delta Q'_{n-2} \\ \Delta Q_{n-1}, \Delta Q'_{n-1} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} B_1 - \frac{\Delta X}{b r} R'_1, B'_1 - \frac{\Delta X}{b r} R'_1 \\ B_2, B'_2 \\ \vdots \\ B_{n-2}, B'_{n-2} \\ B_{n-1} + \frac{\Delta X}{b r} R'_n, B'_{n-1} - \frac{\Delta X}{b r} R'_n \end{bmatrix} \quad (4) \\ X \begin{bmatrix} \Delta Q_1, \Delta Q'_1 \\ \Delta Q_2, \Delta Q'_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-2}, \Delta Q'_{n-2} \\ \Delta Q_{n-1}, \Delta Q'_{n-1} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} B_1 + \frac{\Delta X}{b r} R'_1, B'_1 - \frac{\Delta X}{b r} R'_1 \\ B_2, B'_2 \\ \vdots \\ B_{n-2}, B'_{n-2} \\ B_{n-1} + \frac{\Delta X}{b r} R'_n, B'_{n-1} - \frac{\Delta X}{b r} R'_n \end{bmatrix} \quad (5) \end{aligned}$$

(d) Type D

$$X \begin{bmatrix} \Delta Q_1, \Delta Q'_1 \\ \Delta Q_2, \Delta Q'_2 \\ \vdots \\ \Delta Q_{n-2}, \Delta Q'_{n-2} \\ \Delta Q_{n-1}, \Delta Q'_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} B_1 + \frac{\Delta X}{b r} R'_1, B'_1 - \frac{\Delta X}{b r} R'_1 \\ B_2, B'_2 \\ \vdots \\ B_{n-2}, B'_{n-2} \\ B_{n-1} + \frac{\Delta X}{b r} R'_n, B'_{n-1} - \frac{\Delta X}{b r} R'_n \end{bmatrix} \quad (6)$$

以上の式(3), (4), (5)より $\Delta Q_m, \Delta Q_m$ を求める。

2. 抵抗力、反力および断面力の計算.

$$\Delta_{\mathcal{M}}^{(0)} = \Delta_{\mathcal{M}}^{(0)} + \Delta_{\mathcal{M}}^{(1)} + \Delta_{\mathcal{M}}^{(2)} + \dots + \Delta_{\mathcal{M}}^{(p)} + \dots, \quad \text{--- (8)}, \quad \Delta_{\mathcal{M}}^{(0)'} = \Delta_{\mathcal{M}}^{(0)'} + \Delta_{\mathcal{M}}^{(1)'} + \Delta_{\mathcal{M}}^{(2)'} + \dots + \Delta_{\mathcal{M}}^{(p)'} + \dots, \quad \text{--- (9)}$$

$$R_A = R_A^{(0)} + R_A^{(2)} + \dots + R_A^{(P)} + \dots, \quad (10), \quad R_B' = R_B'^{(0)} + R_B'^{(2)} + \dots + R_B'^{(P)} + \dots, \quad (11),$$

$$Q_m = \bar{Q}_m + Q_m^{(1)} + Q_m^{(2)} + \dots + Q_m^{(p)} + \dots, \quad (12) \quad Q'_m = \bar{Q}'_m + Q'^{(1)}_m + Q'^{(2)}_m + \dots + Q'^{(p)}_m + \dots, \quad (13)$$

$$M_n = \bar{M}_n + M_n^{(1)} + M_n^{(2)} + \dots + M_n^{(p)} + \dots, \quad - (14), \quad M'_n = \bar{M}'_n + M_n^{(1)'} + M_n^{(2)'} + \dots + M_n^{(p)'} + \dots, \quad - (15),$$

(原力). 式(10) および(11)の各項は次の漸化式で表わされる. $p=1$ のとき,

$$R_A = \frac{\bar{P}_R \bar{P}_0}{b} \frac{\pi - \theta}{\pi - 1} - \frac{\bar{P}_R \bar{P}_0}{b} \frac{\pi}{\pi - 1} \frac{\sin(\pi - \theta) \varphi}{\sin \pi \varphi} - \frac{\pi}{\pi - 1} \frac{R_{R0} \bar{W}_{R0} \tan \theta}{\tan \theta} \frac{\sin(\pi - \theta) \varphi}{\sin \pi \varphi} - \frac{\bar{P}_R \bar{P}_0 + \bar{P}_R \bar{P}_0 \pi - \bar{P}_R \bar{P}_0}{\tan \theta} \frac{\tan \theta \tan \theta}{(\pi - 1) \tan \theta} + \bar{P}_R \frac{\tan \theta \tan \theta}{\tan \theta} \frac{\pi}{\pi - 1} \frac{\cos(\pi - \theta) \varphi}{\sin \pi \varphi} \quad (16)$$

$$P_B^{(0)} = -\frac{\bar{P} \alpha r_0}{b} \frac{r_0}{\pi-1} + \frac{\bar{P} \alpha r_0}{b} \frac{\pi}{\pi-1} \frac{\sin \alpha \theta}{\sin \alpha \theta_0} + \frac{\pi}{\pi-1} R_0 \bar{r}_0 \alpha \tan \alpha \frac{\sin \alpha \theta}{\sin \alpha \theta_0} - \frac{\alpha r_0 r' + \bar{r}_0 r' - \bar{r}_0 r_0}{\bar{r}_0 r'} \frac{\bar{r}_0 \alpha \tan \alpha}{(\pi-1) \sin \alpha} + R_0 \alpha \tan \alpha \frac{r_0}{\pi-1} \frac{\sin \alpha \theta}{\sin \alpha \theta_0} \dots \quad (17)$$

$p=2, 3, \dots$ のとき,

$$R_A^{(P)} = \frac{r' \sin(\pi - \varphi)}{b(\pi - \varphi) \sin \pi \varphi} - \frac{1}{\pi} R_A^{(P)} \quad \left\{ \begin{array}{l} R_A^{(P)} = \frac{r' \sin \pi \varphi}{b(\pi - \varphi) \sin \pi \varphi} - \frac{1}{\pi} R_A^{(P)} \\ R_B^{(P)} = \frac{r' \sin \pi(\pi - \varphi)}{b(\pi - \varphi) \sin \pi \varphi} - \frac{1}{\pi} R_B^{(P)} \end{array} \right. \quad (2.9)$$

(曲サ"フェ-メント) 多くのとき,

$$M_m = (\pi-1)\lambda \frac{\bar{P}_K'}{b} \frac{\pi R}{\pi-1} - \frac{\bar{P}_R \bar{t}_0 (\pi-1)\lambda}{b} \frac{\sin(\pi-R)\varphi}{(\pi-1) \sin \varphi \sin \varphi \varphi} - \lambda \frac{\bar{P}_K \bar{t}_0}{b} \frac{\sin(\pi-R)\varphi (\sin \varphi \varphi - \sin \varphi)}{\sin \varphi \sin \varphi \varphi} - \frac{(\pi-1)\lambda}{\pi-1} R_R \bar{t}_0 \tan \bar{t}_0 \frac{\sin(\pi-R)\varphi}{\sin \varphi \varphi} \\ - \lambda R_R \bar{t}_0 \tan \bar{t}_0 \frac{\sin(\pi-R)\varphi (\sin \varphi \varphi - \sin \varphi)}{\sin \varphi \sin \varphi \varphi} - \frac{\bar{t}_0 \bar{P}' + \bar{t}_0 R_R - \bar{t}_0 R_R}{\bar{t}_0 \bar{P}} \frac{(\pi-1)\lambda}{(\pi-1)} \frac{\bar{t}_0 \tan \bar{t}_0}{\sin \varphi} + \frac{(\pi-1)\lambda}{\pi-1} R_R \bar{t}_0 \tan \bar{t}_0 \frac{\cos(\pi-R)\varphi}{\sin \varphi \varphi} \\ + \lambda R_R \bar{t}_0 \tan \bar{t}_0 \frac{\cos(\pi-R)\varphi (\sin \varphi \varphi - \sin \varphi)}{\sin \varphi \sin \varphi \varphi} + \frac{r\lambda}{b \sin \varphi} \left\{ \frac{\pi-1}{\pi-1} \sin(\pi-1)\varphi - \sin(\pi-1)\varphi \sin(\pi+\pi)\varphi \right\} R_A + \frac{r\lambda}{b \sin \varphi} \left\{ \frac{\pi-1}{\pi-1} (\sin \varphi \varphi - \sin \pi \varphi) + \sin \pi \varphi - \sin \varphi \right\} R_B' \quad \text{--- (20)}$$

3. 計算例.

以上の結果より明らかなように、本計算例では厳密解と近似解との差が鉛直荷重載荷時では、最高0.2%、偏心荷重時では0.5%、斜線荷重時では0.9%程度になり、斜線荷重載荷時にありて多少収束が悪い程度である。近似解法は反力のみに級数計算すればよく、しかも級数の各項は漸化式で表わされ、その、計算自体、ごく簡単である。また右断面力はすでに求めた反力でもって表わされ、これからの精度は反力のみにする正確に求めれば、それにより右断面力もなるの精度が得られる。

非扇形曲リトウス Type D の諸え

参考文献

村上, 会田: 立体曲線トラスの内力解析について, 第18回工本学会年次学術講演会概要