I ～ 5

# ら線桁の力学性状に関する２，３の基礎的研究

京都大学工学部　正　員　小西一郎
京都大学工学部　正　員　白石成人
京都大学大学院　学生員 ○神部俊一

## 1. まえがき

この研究は軸線がら線状である曲線桁の断面力および変位をReduction法によって求めることにより，平面円弧曲線桁の場合と異り，変形前において捩れ率を有しているら線桁の特性を検討せんとするものである。

## 2. 基礎方程式

桁の軸線の接線方向，陪法線方向，主法線方向に，右手系になるように座標軸$x$，$y$，$z$をとり，各々の方向の変位成分を$u$，$v$，$w$，および軸線の回転角を$\varphi$とする。断面力成分をN，$Q_y$，$Q_z$，断面モーメント成分をT，$M_y$，$M_z$，係数$\theta$，単位当りの分布荷重成分を$g_x$，$g_y$，$g_z$，分布荷重モーメント成分を$k_x$，$k_y$，$k_z$とし断面力，断面モーメントの平衡条件式を求めると

$$\begin{Bmatrix} \bar{N}_{(\theta)} \\ \bar{Q}_{y(\theta)} \\ Q_{z(\theta)} \end{Bmatrix} - \left[A_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} N_{(0)} \\ Q_{y(0)} \\ Q_{z(0)} \end{Bmatrix} + \left[\tilde{A}_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} \bar{g}_x \\ \bar{g}_y \\ \bar{g}_z \end{Bmatrix} = 0 \quad \text{-------------------------} \quad (1)$$

$$\begin{Bmatrix} \bar{T}_{(\theta)} \\ \bar{M}_{y(\theta)} \\ M_{z(\theta)} \end{Bmatrix} - \left[A_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} \bar{T}_{(0)} \\ \bar{M}_{y(0)} \\ M_{z(0)} \end{Bmatrix} - \left[B_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} \bar{N}_{(0)} \\ \bar{Q}_{y(0)} \\ Q_{z(0)} \end{Bmatrix} + \left[\tilde{A}_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} \bar{k}_x \\ \bar{k}_y \\ \bar{k}_z \end{Bmatrix} + \left[\tilde{B}_{(\theta)}\right] \begin{Bmatrix} \bar{g}_x \\ \bar{g}_y \\ \bar{g}_z \end{Bmatrix} = 0 \text{-----} (2)$$

上式でbarをしるしたのは，$N \equiv K^2 EJ_y \bar{N}$ etc，$T \equiv KE\bar{T}$ etc，$g_x \equiv K^3 EJ_y \bar{g}_x$ etc，$k_x \equiv KEJ_y \bar{k}_x$ etc とおいて無次元化したことを示す。ここにKは軸線の曲率であり，$[A_{(\theta)}]$，etc は軸線の形状に関した行列である。　次に$\bar{\psi}_x \equiv K\psi_x$ etc，とおいて無次元化された，変形による捩れ率の変化，$u \equiv K^{-1}\bar{u}$ etc のような変位の無次元量と，断面力，断面モーメントの無次元量との間の関係式を求めると

$$\delta \bar{N} = \varepsilon \approx D\bar{u} - \bar{v} \qquad \nu(\bar{T} + \bar{z}_s \bar{Q}_y - \bar{y}_s \bar{Q}_z) \approx -(D^2 - \mu^2)\bar{\psi}_x$$

$$\alpha \bar{M}_y + \beta \bar{M}_z = \bar{\psi}_y \approx \varphi - \lambda \bar{u} - 2\lambda D\bar{v} \qquad \approx -(D^2 - \mu^2)(D\varphi + \lambda\bar{v} + D\bar{w})$$

$$\beta(\bar{M}_y + \gamma \bar{M}_z) = \bar{\psi}_z \approx D\bar{u} + D^2\bar{v} - 2\lambda D\bar{w}$$

ここに$\lambda \equiv \tau/K$　$\tau$は軸線の変形前の捩り率である$\alpha$，$\beta$……$\nu$は断面常数に関係した無次元量*であり，Dは$\frac{d}{d\theta}$を意味する。

上式を変位に関して解くと

$$\bar{w} = C_1 + C_2 \cos\eta\theta + C_3 \sin\eta\theta + C_4 \cosh\mu\theta + C_5 \sinh\mu\theta - \rho L_3^{(0)}(\bar{T} + \bar{z}_s \bar{Q}_y - \bar{y}_s \bar{Q}_z) - (L_1^{(0)} + 2\lambda\beta L_2^{(0)})\bar{M}_y$$

$$-\beta\left(L_1^{(0)}+2\lambda\gamma L_2^{(0)}\right)\bar{M}_z+\lambda\delta L_2^{(0)}\bar{N} \qquad \text{-------------------------} \quad (3)$$

$$\bar{v}=C_6\cos\theta+C_7\sin\theta+\beta L_1(\bar{M}_y+\gamma\bar{M}_z)-\delta L_1\bar{N}+2\lambda L_1(D\bar{w}) \qquad \text{---------} \quad (4)$$

$$\varphi\approx\alpha\bar{M}_y+\beta\bar{M}_z+2\lambda D\bar{v}+D^2\bar{w} \qquad \text{-------------------------} \quad (5)$$

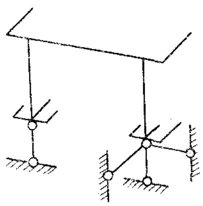
ここに $L_1^{(0)}\equiv\dfrac{1}{D^2+\eta^2}$ , $L_2^{(0)}\equiv\dfrac{1}{D(D^2+\eta^2)}$ , $L_3^{(0)}\equiv\dfrac{1}{D(D^2+\eta^2)(D^2-\mu^2)}$ , $L_1\equiv\dfrac{1}{D^2+1}$

を意味する operator であり，$C_1$ ---- $C_7$ は積分常数である。

曲げ捩りモーメントは次式で求まる。

$$\bar{M}_w=D\bar{T}_x=D^2\varphi+\lambda D\bar{v}+D^2\bar{w} \qquad \text{-------------} \quad (6)$$

つぎに，境界条件として図に示すようなものを考える。



$\bar{v}=0$

$\bar{w}=0$

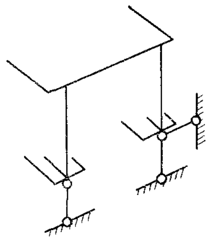
$\varphi=0$

$\bar{M}_y=0$

$\bar{M}_z=0$

$\bar{M}_w=0$

下端断面 ($\theta=0$)



$\bar{v}=0$

$\bar{w}=0$

$\varphi=0$

$\bar{N}=0$

$\bar{M}_y=0$

$\bar{M}_z=0$

$M_w=0$

上端断面

(3)～(6) 式は (1), (2) 式を用いると，$\bar{N}_{(0)}$, $\bar{Q}_{y(0)}$, $\bar{Q}_{z(0)}$, $\bar{T}_{(0)}$ で表わすことができる。この4つと積分常数 $C_1$ ---- $C_7$ を含めた11個の未知量は，$\bar{M}_{y(0)}=0$ , $\bar{M}_{z(0)}=0$ を除いた（これらは既に(2)式で考慮されている）残り11個の境界条件により定まる。

数値計算の結果は講演当日述べる。

* $\alpha\equiv\dfrac{J_y\cdot J_z/J_{yz}^2}{(J_y\cdot J_z/J_{yz}^2)-1}$ $\beta\equiv\dfrac{J_y/J_{yz}}{(J_y\cdot J_z/J_{yz}^2)-1}$ $\gamma\equiv J_y/J_{yz}$

$\delta\equiv K^2J_y/F$ , $\nu\equiv J_y/K^2C_w$ , $\mu^2\equiv GJ_T/K^2EC_w$ , $\bar{Z}_s\equiv KZ_s$ , $\bar{Y}_s\equiv Ky_s$ , $\lambda\equiv\tau/k$ , $\eta\equiv1+4\lambda^2$

$\tau$ は軸線の変形前の捩り率，($y_s$, $Z_s$) はせん断中心の座標である。

参考文献


小西，白石，神部； 年次学術講演会（昭41，5） I－142

G. Becker ； DER STAHLBAU 11/1965 S 334