

秋田大学 正員 ○ 長谷部 薫
 秋田大学 正員 榎 農 知 徳
 秋田大学 正員 薄 木 征 三

1. はじめに 薄肉断面 I 形ばりからなる曲線格子げた橋の耐荷力に関する研究のうち、2 主げたを並列し横げたを配置して組み合わせた曲線格子げたを対象として、その耐荷力および変形・応力特性を検討することにする。解析方法は薄肉断面曲線ばりの有限なねじれ変形理論をもとに基本式として、一階常微分方程式を誘導し、曲線格子げたの耐荷力の解析には伝達マトリックス法を適用する。また、曲線格子げた橋への適用のために、曲線主げたと横げたとの結合部において、曲線主げたが横げたによって弾性的に支持されたものとした、即ち、横げたの剛性を等価な剛性をもつバネ支承に置換して、弾性バネ拘束された曲線げたとしたモデル化を行う。横げたによる横補剛効果は主げたの形状寸法と断面形状及び載荷条件などによって異なるものと思われるが、ここではある一定な曲率半径、中心角及び断面形状の主げたを対象に横げたの剛度および横げたの配置をパラメーターにして横補剛効果への影響を考察した。

2. 解析の方法 薄肉断面曲線ばりの有限変形理論における変位場とひずみ成分：Lagrange 表示の非線形のひずみ-変位関係式で部材軸方向変位 w の微係数の 2 次項を無視し、残りの非線形項の w を断面の剛体変位 w_0 で近似し、さらに母線ごとの曲率半径の差異を無視して $R_0/\rho \approx 1$ とする。このひずみ-変位関係式に棒理論の仮定を適用して次のように変位場が求められる。¹⁾

$$\begin{aligned} u &= u_0 - y \sin \varphi - x(1 - \cos \varphi), \quad v = v_0 + x \sin \varphi - y(1 - \cos \varphi), \\ w &= w_0 - x(\phi_y \cos \varphi + \phi_x \sin \varphi) - y(\phi_x \cos \varphi - \phi_y \sin \varphi) - \omega \psi_z \end{aligned} \quad (1)$$

ここで $\phi_y = u'_0$, $\phi_x = v'_0 + w_0/R_0$, $\psi_z = \varphi' - \phi_y/R_0$, u_0, v_0, w_0 は原点 0 の x, y, z 軸方向の変位であり ()' は $z = R_0 \theta$ に関する微分をあらわす。 ω はそり関数である。

これから非零のひずみ成分 ε_θ と γ_s が次のように得られる。

$$\begin{aligned} \varepsilon_\theta &= \varepsilon_z + \frac{1}{2} \{ \phi_x^2 + \phi_y^2 + (x^2 + y^2) \varphi'^2 \} - x(\phi_y \cos \varphi + \phi_x' \sin \varphi + \frac{\sin \varphi}{R_0}) - \\ &\quad - y(\phi_x' \cos \varphi - \phi_y' \sin \varphi - \frac{1 - \cos \varphi}{R_0}) - \omega \mathcal{L}_\omega, \quad \gamma_s = \theta \psi_z \end{aligned} \quad (2)$$

ここで $\varepsilon_z = w'_0 - v_0/R_0$, $\mathcal{L}_\omega = \varphi'' - \phi_y'/R_0$, θ は開断面の場合には $\theta = 2\pi$ である。

一階常微分方程式群：式 (1), (2) を基礎式として仮想仕事の原理によりつり合い式と境界条件式を求めて、一階の常微分方程式群を誘導する。その結果を一括表示すると式 (3) となる。

$$\begin{aligned} w'_0 &= \frac{1}{R_0} v_0 - \frac{1}{2} \phi_x^2 - \frac{1}{2} (1 + \frac{r_0^2}{R_0^2}) \phi_y^2 - \frac{r_0^2}{R_0} \phi_y \psi_z - \frac{1}{2} r_0^2 \psi_z^2 + \frac{1}{E F} N, \quad v'_0 = -\frac{1}{R_0} w_0 + \phi_x, \\ u'_0 &= \phi_y, \quad \phi_x' = -\frac{1}{E J_x} \cdot B_x - \chi_x, \quad \phi_y' = -\frac{1}{E J_y} \cdot B_y - \chi_y, \quad \varphi' = \frac{1}{R_0} \phi_y + \psi_z, \\ \psi_z' &= -\frac{1}{E J_w} \cdot M_w, \quad T_z' = -\kappa_y \cdot B_x + \kappa_x \cdot B_y - m_z, \quad Q_x' = -P_x, \quad Q_y' = -\frac{1}{R_0} \cdot N - P_y, \\ B_x' &= -N \cdot \phi_x + Q_y, \quad B_y' = -(N + \frac{K_T}{R_0^2}) \cdot \phi_y - \frac{K_T}{R_0} \psi_z + \frac{1}{R_0} T_z + Q_x, \\ M_w' &= T_z \frac{K_T}{R_0} \cdot \phi_y - (G J_T + K_T) \cdot \psi_z, \quad N' = \frac{1}{R_0} \cdot Q_y - P_\theta \end{aligned} \quad (3)$$

ここで

$$\begin{aligned} \chi_x &= \left(\frac{1}{EJ_y} - \frac{1}{EJ_x} \right) \cdot M_y \sin \varphi - \frac{1 - \cos \varphi}{R_0} , & \chi_y &= \left(\frac{1}{EJ_y} - \frac{1}{EJ_x} \right) \cdot M_x \sin \varphi - \frac{\sin \varphi}{R_0} , \\ \kappa_x &= \frac{M_x}{EJ_x} \cdot \cos \varphi + \frac{M_y}{EJ_y} \cdot \sin \varphi - \frac{\cos \varphi}{R_0} , & \kappa_y &= \frac{M_y}{EJ_y} \cdot \cos \varphi - \frac{M_x}{EJ_x} \cdot \sin \varphi + \frac{\sin \varphi}{R_0} , \\ m_z &= m_0 \cdot \cos \varphi - m_n \cdot \sin \varphi , & r_0^2 &= \frac{J_P}{F} , & T_z &= M_0 \cos \varphi + M_n \sin \varphi + B_x \cdot \phi_y - B_y \cdot \phi_x , \\ M_n &= \int_F (x \tau_{x\theta} + y \tau_{y\theta}) dF , & m_0 &= \int_F (x p_{y\theta} - y p_{x\theta}) dF , & m_n &= \int_F (x p_{x\theta} + y p_{y\theta}) dF , \\ K_T &= \int_F \sigma_{\theta} (x^2 + y^2) dF , & M_0 &= \int_F (x \tau_{y\theta} - y \tau_{x\theta}) dF , \\ B_x &= M_x \cos \varphi + M_y \sin \varphi , & B_y &= M_y \cos \varphi - M_x \sin \varphi \end{aligned}$$

3. 数値計算例 2—曲線主げた, 3—横げたで構成される曲線格子げたを想定して、弾性バネ拘束された曲線げたの変形・応力特性を考察する。形状寸法は $\Phi=0.4$ radian, $R=4.3$ m, $L/8R=1/20$ である。横補剛度を示すパラメーターは、 $\delta=F_{\theta}/bt_f$, $\gamma_x=J_{x\theta}/\frac{bt_f}{12}$, $\gamma_y=J_{y\theta}/\frac{bt_f}{12}$ である。 F_{θ} , $J_{x\theta}$, $J_{y\theta}$ は横げたの断面積, 弱軸, 強軸まわりの断面2次モーメントとする。Fig.1 は横げた本数の変形・応力特性に及ぼす影響を調べたものである。支間中央に横げた一本配置することによって曲線主げたの耐荷力に与える影響が顕著であり、横げた三本配置で十分に横補剛効果をみだしていることが分る。Fig.2 は支間中央点に横げた一本配置された場合の、横げたの強軸まわりの剛性比 γ_y の影響を調べたものである。剛性比 γ_y が非常に小さい場合 ($\gamma_y \leq 0.01$) では横補剛効果は小さいが、ある程度 ($\gamma_y \geq 1.0$) 確保されると、急激に横補剛効果が大きくなることが分る。なお横げたの弱軸まわりの剛性比 γ_x の耐荷力に与える影響はほとんど無視できることが分った。

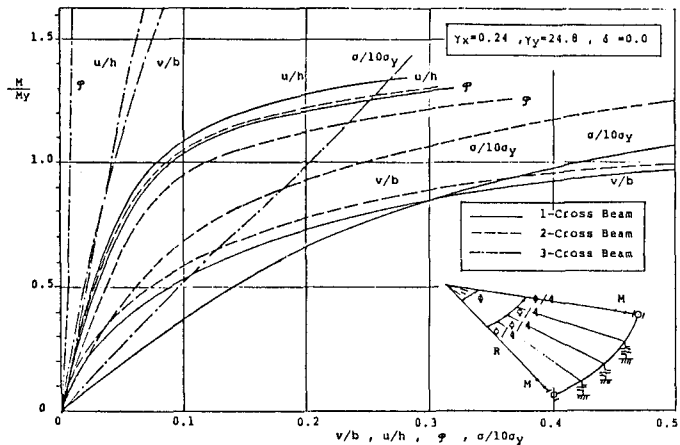


Fig.1

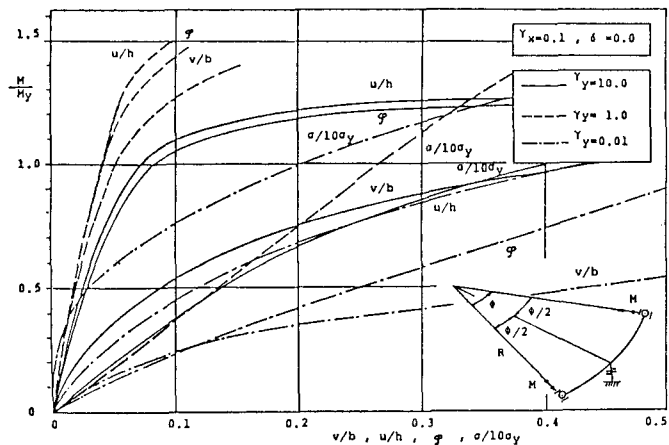


Fig.2

1) 薄木征三：変形を考慮した薄肉断面円弧アーチの曲げねじれ座屈，土木学会論文報告集，N0.263，PP.35～48，1977 - 7