

主桁の曲げ剛性およびねじり剛性を考慮した 横桁のプレストレスの計算法

猪 又 稔*

1. ま え が き

PC格子桁は主桁と横桁が剛結されている構造であるので、中間横桁に緊張材が偏心して配置されている場合、横方向プレストressingによる横桁の曲げ変形が主桁によって拘束されるため横桁に2次曲げモーメントが発生し、横桁のプレストレスに影響を与えることになる。筆者はさきに主桁の曲げ剛性およびねじり剛性を考慮して*n*本の主桁と主桁支間中央に中間横桁が1本配置されている格子桁について、横桁のプレストレスの計算法を示したが¹⁾、本文では1本の中間横桁が主桁の任意の位置にある場合、さらに複数の中間横桁が配置されている場合について横桁のプレストレスの解析を行ったものである。

2. 計算上の仮定

- 1) 主桁の断面は一定で各主桁の曲げ剛性およびねじり剛性は等しい。
- 2) 主桁は等間隔に配置されているものとする。
- 3) 中間横桁の断面は一定で、各中間横桁の曲げ剛性は等しい。
- 4) 主桁は両端において単純支持されている。
- 5) 主桁の両端はねじりに対して回転しないものとする。

3. 解析理論

主桁の曲げ剛性およびねじり剛性を考慮した横桁のプレストレスは次の式で与えられる。

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cb} &= \frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{I} y + \frac{M}{I} y \\ \text{あるいは } \sigma_{cb} &= \frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{Z} \eta \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(1)$$

ただし $\eta = 1 + \frac{M}{P \cdot e}$

ここに

σ_{cb} : 横桁断面の上下縁のプレストレス

* 北海道工業大学工学部 土木工学科

P: 緊張材による引張力

e: 横桁断面図心と緊張材図心との偏心距離で断面図心から上向きを正、下向きを負とする。

A: 横桁の断面積

I: 断面図心軸に関する断面2次モーメント

y: 断面図心から上下縁までの距離で上向きを正、下向きを負とする。

Z: 横桁の断面係数

M: 横桁の2次曲げモーメント

横桁の2次曲げモーメントは次の理論によって求めることができる。

(1) *n*本の主桁に中間横桁が1本配置されている場合

主桁の間隔を *a*、主桁支間長を *l*、主桁の曲げ剛性を *E₀I₀*、主桁のねじり剛性を *GJ*、横桁の曲げ剛性を *EI* とする。

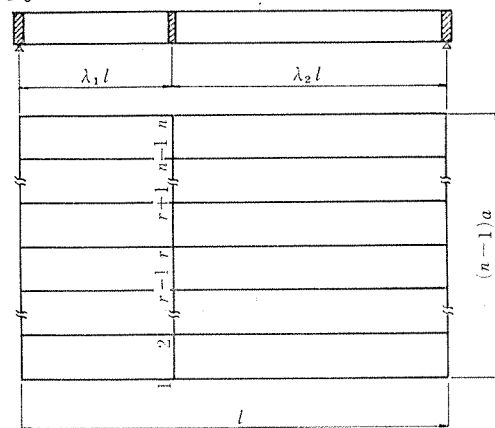


図-1

図-2において、横桁部材 (*r-1*)~*r*、*r*~(*r+1*) を取り出し、節点 *r* の節点角を $\theta_{r,r-1}$ 、 $\theta_{r,r+1}$ 、また主桁 *r* のねじり角を φ_r とし、時計方向に測る場合を正にとれば節点 *r* について式 (2) が成り立つ。

$$\left. \begin{aligned} \theta_{r,r-1} &= \varphi_r \\ \theta_{r,r+1} &= \varphi_r \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} \theta_{r,r-1} &= -\frac{a}{6EI} (M_{r-1,r} + 2M_{r,r-1}) \\ &\quad + \alpha_{r,r-1} + R_{r,r-1} \end{aligned} \right\} \dots\dots(3)$$

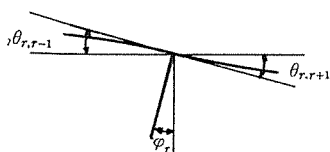
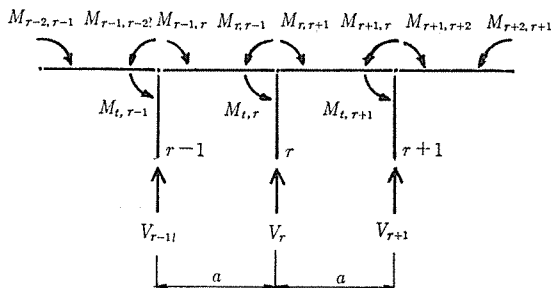
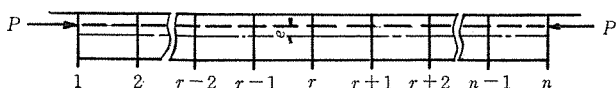


図-2

$$\theta_{r,r+1} = \frac{a}{6EI} (2M_{r,r+1} + M_{r+1,r}) + \alpha_{r,r+1} + R_{r,r+1}$$

α はプレストレッシングによる部材のたわみ角であり、また部材回転角 R は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} R_{r,r-1} &= \frac{\delta}{a} (V_r - V_{r-1}) \\ R_{r,r+1} &= \frac{\delta}{a} (V_{r+1} - V_r) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

$$\delta = \frac{(\lambda_1 \lambda_2)^2 l^3}{3 E_0 I_0} \dots\dots\dots (5)$$

V は主桁に働く反力で

$$\left. \begin{aligned} V_{r-1} &= \frac{1}{a} (M_{r-2,r-1} - M_{r-1,r-2} - M_{r-1,r} + M_{r,r-1}) \\ V_r &= \frac{1}{a} (M_{r-1,r} - M_{r,r-1} - M_{r,r+1} + M_{r+1,r}) \\ V_{r+1} &= \frac{1}{a} (M_{r,r+1} - M_{r+1,r} - M_{r+1,r+2} + M_{r+2,r+1}) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (6)$$

主桁 r の横桁位置に作用するねじりモーメント M_{tr} は

$$M_{tr} = M_{r,r+1} - M_{r,r-1} \dots\dots\dots (7)$$

横桁位置における主桁 r のねじり角は

$$\phi_r = -\frac{M_{tr}}{GJ} \lambda_1 \lambda_2 l = \frac{\lambda_1 \lambda_2 l}{GJ} (M_{r,r-1} - M_{r,r+1}) \dots\dots\dots (8)$$

式 (3)~(8) の関係を式 (2) に代入して整理すれば次のようになる。

最初の節点

$$-(2\beta + \mu + 2)M_{12} + (2\beta - 1)M_{21} + \beta M_{23} - \beta M_{32} = B_{12} \dots\dots\dots (9)$$

中間節点

$$\left. \begin{aligned} -\beta M_{r-2,r-1} + \beta M_{r-1,r-2} + (2\beta - 1)M_{r-1,r} \\ - (2\beta + \mu + 2)M_{r,r-1} - (\beta - \mu)M_{r,r+1} \\ + \beta M_{r+1,r} = B_{r,r-1} \\ \beta M_{r-1,r} - (\beta - \mu)M_{r,r-1} - (2\beta + \mu + 2) \\ M_{r,r+1} + (2\beta - 1)M_{r+1,r} + \beta M_{r+1,r+2} \\ - \beta M_{r+2,r+1} = B_{r,r+1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (10)$$

最後の節点

$$-\beta M_{n-2,n-1} + \beta M_{n-1,n-2} + (2\beta - 1)M_{n-1,n} - (2\beta + \mu + 2)M_{n,n-1} = B_{n,n-1} \dots\dots\dots (11)$$

ここに

$$\left. \begin{aligned} \beta &= 2(\lambda_1 \lambda_2)^2 \frac{EI}{E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \mu &= 6\lambda_1 \lambda_2 \frac{EI}{GJ} \cdot \frac{l}{a} \\ B_{12} &= \frac{6EI}{a} \alpha_{12} & B_{r,r-1} &= -\frac{6EI}{a} \alpha_{r,r-1} \\ B_{r,r+1} &= \frac{6EI}{a} \alpha_{r,r+1} & B_{n,n-1} &= -\frac{6EI}{a} \alpha_{n,n-1} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (12)$$

式 (9)~(11) より $2(n-1)$ 個の連立方程式がえられ、これを解けば各節点に作用する 2 次モーメントが求まることになる。

また緊張材が横桁中央に関して対称に配置されている場合は $M_{12} = M_{n,n-1}$, $M_{21} = M_{n-1,n}$, ... となり $(n-1)$ 個の連立方程式となる。いま、2 主桁の場合で横桁が主桁の支間中央に配置され、横桁全長にわたって $P \cdot e$ が一定のときの解は次のようになる。

式 (9) より

$$-(2\beta + \mu + 2)M_{12} + (2\beta - 1)M_{21} = B_{12}$$

$M_{12} = M_{21}$, $B_{12} = 3P \cdot e$ であるから

$$M_{12} = -\frac{3P \cdot e}{3 + \mu}$$

また式 (1) より

$$\eta = 1 + \frac{M_{12}}{P \cdot e} = \frac{\frac{\mu}{3}}{1 + \frac{\mu}{3}}$$

$\lambda_1 = \lambda_2 = \frac{1}{2}$ であるから式 (12) より

$$\mu = \frac{3EI}{2GJ} \cdot \frac{l}{a}$$

故に $\eta = \frac{\frac{EI}{2GJ} \cdot \frac{l}{a}}{1 + \frac{EI}{2GJ} \cdot \frac{l}{a}}$ となり文献 2) の式と一致する。

(2) n 本の主桁に中間横桁が 2 本配置されている場合

図-3 のごとく横桁 (1) および (2) は主桁の支間中

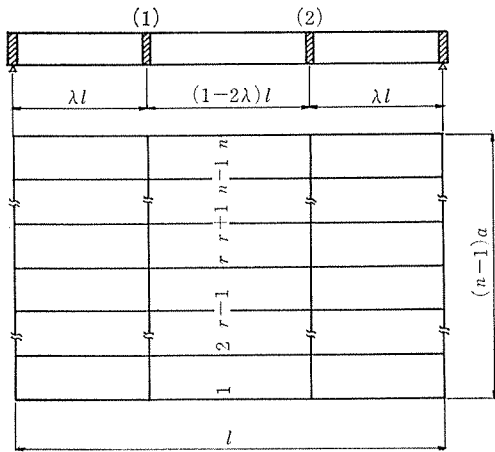


図-3

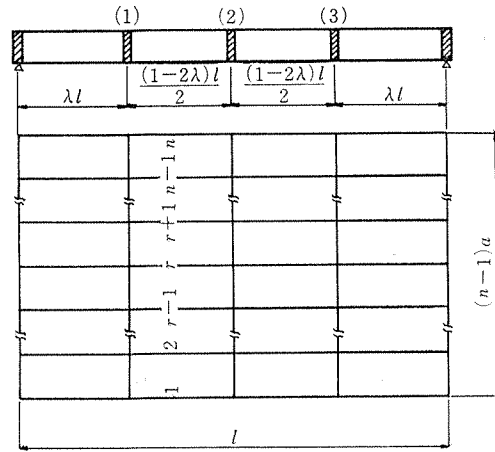


図-4

中央に対して対称に配置され、横桁 (1) と (2) の緊張力 P と偏心距離 e は等しくかつ $P \cdot e$ は横桁全長にわたって一定とする。

横桁 1 本の場合の式と同じになるが、ただし部材回転角と主桁のねじり角は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} R_{r,r-1} &= \frac{\delta_{11}}{a} (V_r - V_{r-1}) + \frac{\delta_{12}}{a} (V_r - V_{r-1}) \\ &= \frac{\delta}{a} (V_r - V_{r-1}) \\ R_{r,r+1} &= \frac{\delta_{11}}{a} (V_{r+1} - V_r) + \frac{\delta_{12}}{a} (V_{r+1} - V_r) \\ &= \frac{\delta}{a} (V_{r+1} - V_r) \end{aligned} \right\} \dots (13)$$

ここに $\delta = \delta_{11} + \delta_{12}$

δ_{ik} は点 k に単位荷重が作用したときの点 i の主桁のたわみ量を表わし

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{\lambda^2(1-\lambda)^2 l^3}{3 E_0 I_0} & \delta_{12} &= \frac{\lambda^2(1-2\lambda)^2 l^3}{6 E_0 I_0} \\ \delta &= \frac{\lambda^2(3-4\lambda) l^3}{6 E_0 I_0} \end{aligned} \right\} \dots (14)$$

となる。横桁位置における主桁 r のねじり角は

$$\varphi_r = -\frac{M_{tr}}{GJ} \lambda \cdot l = \frac{\lambda \cdot l}{GJ} (M_{r,r-1} - M_{r,r+1}) \dots (15)$$

各節点に関する方程式として式 (9), (10), (11) をそのまま適用できるが、ただし

$$\left. \begin{aligned} \beta &= \lambda^2(3-4\lambda) \frac{EI}{E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \mu &= 6 \lambda \frac{EI}{GJ} \cdot \frac{l}{a} \\ B_{r,r-1} &= 3 P \cdot e & B_{r,r+1} &= 3 P \cdot e \end{aligned} \right\} \dots (16)$$

となる。

(3) n 本の主桁に中間横桁が 3 本配置されている場合

図-4 に示すごとく横桁は支間中央に関して対称に配置され、横桁 (1) および (3) の緊張力を P_1 、偏心距離を e_1 、各節点の 2 次モーメントを $\overset{(1)}{M}$ 、部材回転角を $\overset{(1)}{R}$ の

ように表示する。また横桁 (2) のそれぞれを P_2 、 e_2 、 $\overset{(2)}{M}$ 、 $\overset{(2)}{R}$ とする。

a) 横桁 (1) のつり合い方程式

$$\left. \begin{aligned} \overset{(1)}{\theta}_{r,r-1} &= -\frac{a}{6 EI} (\overset{(1)}{M}_{r-1,r} + 2 \overset{(1)}{M}_{r,r-1}) \\ &\quad + \overset{(1)}{a}_{r,r-1} + \overset{(1)}{R}_{r,r-1} \\ \overset{(1)}{\theta}_{r,r+1} &= \frac{a}{6 EI} (2 \overset{(1)}{M}_{r,r+1} + \overset{(1)}{M}_{r+1,r}) \\ &\quad + \overset{(1)}{a}_{r,r+1} + \overset{(1)}{R}_{r,r+1} \\ \overset{(1)}{R}_{r,r-1} &= \frac{\delta_{11}}{a} (\overset{(1)}{V}_r - \overset{(1)}{V}_{r-1}) \\ &\quad + \frac{\delta_{12}}{a} (\overset{(2)}{V}_r - \overset{(2)}{V}_{r-1}) + \frac{\delta_{13}}{a} (\overset{(1)}{V}_r - \overset{(1)}{V}_{r-1}) \\ &= \frac{\delta_1}{a} (\overset{(1)}{V}_r - \overset{(1)}{V}_{r-1}) + \frac{\delta_{12}}{a} (\overset{(2)}{V}_r - \overset{(2)}{V}_{r-1}) \\ \overset{(1)}{R}_{r,r+1} &= \frac{\delta_{11}}{a} (\overset{(1)}{V}_{r+1} - \overset{(1)}{V}_r) \\ &\quad + \frac{\delta_{12}}{a} (\overset{(2)}{V}_{r+1} - \overset{(2)}{V}_r) + \frac{\delta_{13}}{a} (\overset{(1)}{V}_{r+1} - \overset{(1)}{V}_r) \\ &= \frac{\delta_1}{a} (\overset{(1)}{V}_{r+1} - \overset{(1)}{V}_r) + \frac{\delta_{12}}{a} (\overset{(2)}{V}_{r+1} - \overset{(2)}{V}_r) \end{aligned} \right\} \dots (17)$$

$$\left. \begin{aligned} \delta_{11} &= \frac{\lambda^2(1-\lambda)^2 l^3}{3 E_0 I_0} & \delta_{12} &= \frac{\lambda(3-4\lambda)^2 l^3}{48 E_0 I_0} \\ \delta_{13} &= \frac{\lambda^2(1-2\lambda)^2 l^3}{6 E_0 I_0} \\ \delta_1 &= \delta_{11} + \delta_{13} = \frac{\lambda^2(3-4\lambda) l^3}{6 E_0 I_0} \end{aligned} \right\} \dots (19)$$

横桁 (1) の位置における主桁 r のねじり角は

$$\begin{aligned} \overset{(1)}{\varphi}_r &= -\frac{\lambda \cdot l}{2 GJ} (2 \overset{(1)}{M}_{tr} + \overset{(2)}{M}_{tr}) \\ &= \frac{\lambda \cdot l}{2 GJ} (2 \overset{(1)}{M}_{r,r-1} - 2 \overset{(1)}{M}_{r,r+1} + \overset{(2)}{M}_{r,r-1} - \overset{(2)}{M}_{r,r+1}) \end{aligned} \dots (20)$$

式 (2) の関係より各節点に関して次の方程式がえられる。

最初の節点

$$-2(\beta_1 + \mu_1 + 1)M_{12}^{(1)} + (2\beta_1 - 1)M_{21}^{(1)} + \beta_1 M_{23}^{(1)} - \beta_1 M_{32}^{(1)} - (2\beta_2 + \mu_1)M_{12}^{(2)} + 2\beta_2 M_{21}^{(2)} + \beta_2 M_{23}^{(2)} - \beta_2 M_{22}^{(2)} = B_{12}^{(1)} \dots (21)$$

中間節点

$$\left. \begin{aligned} & -\beta_1 M_{r-2, r-1}^{(1)} + \beta_1 M_{r-1, r-2}^{(1)} + (2\beta_1 - 1)M_{r-1, r}^{(1)} - 2(\beta_1 + \mu_1 + 1)M_{r, r-1}^{(1)} - (\beta_1 - 2\mu_1)M_{r, r+1}^{(1)} + \beta_1 M_{r+1, r}^{(1)} \\ & - \beta_2 M_{r-2, r-1}^{(2)} + \beta_2 M_{r-1, r-2}^{(2)} + 2\beta_2 M_{r-1, r}^{(2)} - (2\beta_2 + \mu_1)M_{r, r-1}^{(2)} - (\beta_2 - \mu_1)M_{r, r+1}^{(2)} + \beta_2 M_{r+1, r}^{(2)} = B_{r, r-1}^{(1)} \\ & \beta_1 M_{r-1, r}^{(1)} - (\beta_1 - 2\mu_1)M_{r, r-1}^{(1)} - 2(\beta_1 + \mu_1 + 1)M_{r, r+1}^{(1)} + (2\beta_1 - 1)M_{r+1, r}^{(1)} + \beta_1 M_{r+1, r+2}^{(1)} - \beta_1 M_{r+2, r+1}^{(1)} \\ & + \beta_2 M_{r-1, r}^{(2)} - (\beta_2 - \mu_1)M_{r, r-1}^{(2)} - (2\beta_2 + \mu_1)M_{r, r+1}^{(2)} + 2\beta_2 M_{r+1, r}^{(2)} + \beta_2 M_{r+1, r+2}^{(2)} - \beta_2 M_{r+2, r+1}^{(2)} = B_{r, r+1}^{(1)} \end{aligned} \right\} \dots (22)$$

最後の節点

$$\begin{aligned} & -\beta_1 M_{n-2, n-1}^{(1)} + \beta_1 M_{n-1, n-2}^{(1)} + (2\beta_1 - 1)M_{n-1, n}^{(1)} - 2(\beta_1 + \mu_1 + 1)M_{n, n-1}^{(1)} \\ & - \beta_2 M_{n-2, n-1}^{(2)} + \beta_2 M_{n-1, n-2}^{(2)} + 2\beta_2 M_{n-1, n}^{(2)} - (2\beta_2 + \mu_1)M_{n, n-1}^{(2)} = B_{n, n-1}^{(1)} \dots (23) \end{aligned}$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \lambda^2 (3 - 4\lambda) \frac{EI}{E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \beta_2 &= \frac{\lambda(3 - 4\lambda^2)}{8} \cdot \frac{EI}{E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \mu_1 &= 3\lambda \frac{EI}{GJ} \cdot \frac{l}{a} \\ B_{r, r-1} &= 3 P_1 \cdot e_1 & B_{r, r+1} &= 3 P_1 \cdot e_1 \end{aligned} \right\} \dots (24)$$

b) 横桁 (2) のつり合い方程式

$$\left. \begin{aligned} \theta_{r, r-1} &= -\frac{a}{6EI} (M_{r-1, r}^{(2)} + 2M_{r, r-1}^{(2)}) + \alpha_{r, r-1} + R_{r, r-1}^{(2)} \\ \theta_{r, r+1} &= \frac{a}{6EI} (2M_{r, r+1}^{(2)} + M_{r+1, r}^{(2)}) + \alpha_{r, r+1} + R_{r, r+1}^{(2)} \end{aligned} \right\} \dots (25)$$

$$\left. \begin{aligned} R_{r, r-1} &= \frac{\delta_{21}}{a} (V_r - V_{r-1}) + \frac{\delta_{22}}{a} (V_r - V_{r-1}) + \frac{\delta_{23}}{a} (V_r - V_{r-1}) = \frac{\delta_2}{a} (V_r - V_{r-1}) + \frac{\delta_{22}}{a} (V_r - V_{r-1}) \\ R_{r, r+1} &= \frac{\delta_{21}}{a} (V_{r+1} - V_r) + \frac{\delta_{22}}{a} (V_{r+1} - V_r) + \frac{\delta_{23}}{a} (V_{r+1} - V_r) = \frac{\delta_2}{a} (V_{r+1} - V_r) + \frac{\delta_{22}}{a} (V_{r+1} - V_r) \end{aligned} \right\} \dots (26)$$

$$\delta_{21} = \delta_{23} = \frac{\lambda(3 - 4\lambda^2)l^3}{48 E_0 I_0} \quad \delta_{22} = \frac{l^3}{48 E_0 I_0} \quad \delta_2 = \delta_{21} + \delta_{23} = \frac{\lambda(3 - 4\lambda^2)l^3}{24 E_0 I_0} \dots (27)$$

横桁 (2) の位置における主桁 r のねじり角は

$$\varphi_r = -\frac{l}{4GJ} (4M_{tr} \cdot \lambda + M_{tr}) = \frac{l}{4GJ} (4M_{r, r-1} \cdot \lambda - 4M_{r, r+1} \cdot \lambda + M_{r, r-1} - M_{r, r+1}) \dots (28)$$

横桁 (2) の各節点に関して次の方程式が得られる。

最初の節点

$$-2(2\beta_2 + \mu_1)M_{12}^{(1)} + 4\beta_2 M_{21}^{(1)} + 2\beta_2 M_{23}^{(1)} - 2\beta_2 M_{32}^{(1)} - (2\beta_3 + \mu_2 + 2)M_{12}^{(2)} + (2\beta_3 - 1)M_{21}^{(2)} + \beta_3 M_{23}^{(2)} - \beta_3 M_{32}^{(2)} = B_{12}^{(2)} \dots (29)$$

中間節点

$$\left. \begin{aligned} & -2\beta_2 M_{r-2, r-1}^{(1)} + 2\beta_2 M_{r-1, r-2}^{(1)} + 4\beta_2 M_{r-1, r}^{(1)} - 2(2\beta_2 + \mu_1)M_{r, r-1}^{(1)} - 2(\beta_2 - \mu_1)M_{r, r+1}^{(1)} + 2\beta_2 M_{r+1, r}^{(1)} \\ & - \beta_3 M_{r-2, r-1}^{(2)} + \beta_3 M_{r-1, r-2}^{(2)} + (2\beta_3 - 1)M_{r-1, r}^{(2)} - (2\beta_3 + \mu_2 + 2)M_{r, r-1}^{(2)} - (\beta_3 - \mu_2)M_{r, r+1}^{(2)} + \beta_3 M_{r+1, r}^{(2)} = B_{r, r-1}^{(2)} \\ & 2\beta_2 M_{r-1, r}^{(1)} - 2(\beta_2 - \mu_1)M_{r, r-1}^{(1)} - 2(2\beta_2 + \mu_1)M_{r, r+1}^{(1)} + 4\beta_2 M_{r+1, r}^{(1)} + 2\beta_2 M_{r+1, r+2}^{(1)} - 2\beta_2 M_{r+2, r+1}^{(1)} \\ & + \beta_3 M_{r-1, r}^{(2)} - (\beta_3 - \mu_2)M_{r, r-1}^{(2)} - (2\beta_3 + \mu_2 + 2)M_{r, r+1}^{(2)} + (2\beta_3 - 1)M_{r+1, r}^{(2)} + \beta_3 M_{r+1, r+2}^{(2)} - \beta_3 M_{r+2, r+1}^{(2)} = B_{r, r+1}^{(2)} \end{aligned} \right\} \dots (30)$$

最後の節点

$$\begin{aligned} & -2\beta_2 M_{n-2, n-1}^{(1)} + 2\beta_2 M_{n-1, n-2}^{(1)} + 4\beta_2 M_{n-1, n}^{(1)} - 2(2\beta_2 + \mu_1)M_{n, n-1}^{(1)} \\ & - \beta_3 M_{n-2, n-1}^{(2)} + \beta_3 M_{n-1, n-2}^{(2)} + (2\beta_3 - 1)M_{n-1, n}^{(2)} - (2\beta_3 + \mu_2 + 2)M_{n, n-1}^{(2)} = B_{n, n-1}^{(2)} \dots (31) \end{aligned}$$

ただし

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \lambda^2 (3 - 4\lambda) \frac{EI}{E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \beta_2 &= \frac{\lambda(3 - 4\lambda^2)EI}{8 E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} & \beta_3 &= \frac{EI}{8 E_0 I_0} \cdot \frac{l^3}{a^3} \\ \mu_1 &= 3\lambda \frac{EI}{GJ} \cdot \frac{l}{a} & \mu_2 &= \frac{3EI}{2GJ} \cdot \frac{l}{a} & B_{r, r-1} &= 3 P_2 \cdot e_2 & B_{r, r+1} &= 3 P_2 \cdot e_2 \end{aligned} \right\} \dots (32)$$

式 (21)~(23), (29)~(31) より $4(n-1)$ 個の方程式がえられるが $P_1 \cdot e_1, P_2 \cdot e_2$ が横桁全長にわたって一定としたので $2(n-1)$ 個の連立方程式を解けば, 各節点の 2 次モーメント M は求まることになる。

表-2

緊張材の配置状態		(1)	(1)	(2)	(2)	(1)	(1)	(2)	(2)
横桁 (1), (3)	横桁 (2)	B_{12}	B_{21}	B_{12}	B_{21}	M_{12}	M_{21}	M_{12}	M_{21}
$P_1 \cdot e_1$	$P_2 \cdot e_2$	$3 P_1 \cdot e_1$	$3 P_1 \cdot e_1$	$3 P_2 \cdot e_2$	$3 P_2 \cdot e_2$	$-0.0568 P_1 \cdot e_1$ $+0.0248 P_2 \cdot e_2$	$-0.2652 P_1 \cdot e_1$ $+0.1659 P_2 \cdot e_2$	$0.0495 P_1 \cdot e_1$ $-0.0568 P_2 \cdot e_2$	$0.3318 P_1 \cdot e_1$ $-0.2652 P_2 \cdot e_2$
$P \cdot e$	$P \cdot e$	$3 P \cdot e$	$3 P \cdot e$	$3 P \cdot e$	$3 P \cdot e$	$-0.0320 P \cdot e$	$-0.0993 P \cdot e$	$-0.0073 P \cdot e$	$0.0666 P \cdot e$
$P_1 \cdot e_1=0$	$P \cdot e$	0	0	$3 P \cdot e$	$3 P \cdot e$	$0.0248 P \cdot e$	$0.1659 P \cdot e$	$-0.0568 P \cdot e$	$-0.2652 P \cdot e$
$P \cdot e$	$P_2 \cdot e_2=0$	$3 P \cdot e$	$3 P \cdot e$	0	0	$-0.0568 P \cdot e$	$-0.2652 P \cdot e$	$0.0495 P \cdot e$	$0.3318 P \cdot e$

式 (24), (32) より

$$\beta_1 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 (3-1) \times \frac{3.0 \times 10^6 \times 0.02716}{3.5 \times 10^6 \times 0.07092} \times \frac{20^3}{1.8^3}$$

$$= 56.29$$

$$\beta_2 = \frac{\left(3 - \frac{1}{4}\right) \times 3.0 \times 10^6 \times 0.02716}{4 \times 8 \times 3.5 \times 10^6 \times 0.07092} \times \frac{20^3}{1.8^3} = 38.70$$

$$\beta_3 = \frac{3.0 \times 10^6 \times 0.02716}{8 \times 3.5 \times 10^6 \times 0.07092} \times \frac{20^3}{1.8^3} = 56.29$$

$$\mu_1 = \frac{3 \times 3.0 \times 10^6 \times 0.02716}{4 \times 0.43 \times 3.5 \times 10^6 \times 0.00574} \times \frac{20}{1.8} = 78.60$$

$$\mu_2 = \frac{3 \times 3.0 \times 10^6 \times 0.02716}{2 \times 0.43 \times 3.5 \times 10^6 \times 0.00574} \times \frac{20}{1.8} = 157.20$$

式 (21), (22), (29), (30) に上記の値を代入してマトリックスにて表わせば

$$A\{M\} = \{B\}$$

したがって $\{M\} = A^{-1}\{B\}$

ここに

$$A = \begin{bmatrix} -328.07 & 167.87 & -194.70 & 116.10 \\ 167.87 & -170.87 & 116.10 & -116.10 \\ -389.40 & 232.20 & -328.07 & 167.87 \\ 232.20 & -232.20 & 167.87 & -170.87 \end{bmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{bmatrix} -0.011685 & -0.00724 & 0.005685 & 0.002565 \\ -0.00724 & -0.08115 & 0.002565 & 0.05274 \\ 0.01137 & 0.00513 & -0.011685 & -0.00724 \\ 0.00513 & 0.10548 & -0.00724 & -0.08115 \end{bmatrix}$$

$$\{M\} = \begin{bmatrix} (1) \\ M_{12} \\ (1) \\ M_{21} \\ (2) \\ M_{12} \\ (2) \\ M_{21} \end{bmatrix} \quad \{B\} = \begin{bmatrix} (1) \\ B_{12} \\ (1) \\ B_{21} \\ (2) \\ B_{12} \\ (2) \\ B_{21} \end{bmatrix}$$

表-2 は中間横桁緊張材の種々の配置に対して M を求めたものである。

数値計算結果から二、三考察すると、中間横桁が1本の場合について主桁数と η の関係は、表-1 からあきらかのように主桁数が多くなるほど η は減少し、緊張材を偏心して配置する効果が少なくなることを示している。中間横桁が3本の場合は緊張材の配置状態によって節点に生ずる2次モーメントが複雑に変化することが表-2 からわかる。また横桁に発生する2次曲げモーメントによって主桁の支点反力も変化し、主桁にも2次断面力が生ずることになる。この断面力は V_r, M_{tr} を荷重として主桁に作用させることによって求めることができる。

5. あとがき

本文では中間横桁が3本までの格子桁について、横桁のプレストレスの計算法を述べたが、中間横桁がさらに多い場合についても同様な理論によって解析できるが、支間長 40 m ぐらいまでの単純桁では、中間横桁数は3本程度であり、本文で取り扱った範囲で十分実用可能と思われる。なお、この計算理論は主桁のねじり剛性のある場合の格子桁荷重分配計算に応用することも可能である。

参 考 文 献

- 1) 猪又 稔: PC けた橋における横げたのプレストレスの計算について, 土木学会北海道支部論文報告集第 30 号, 昭和 49 年 1 月.
- 2) 国鉄建造物設計標準解説 p. 293, 土木学会, 昭和 49 年 11 月

1975.7.18・受付