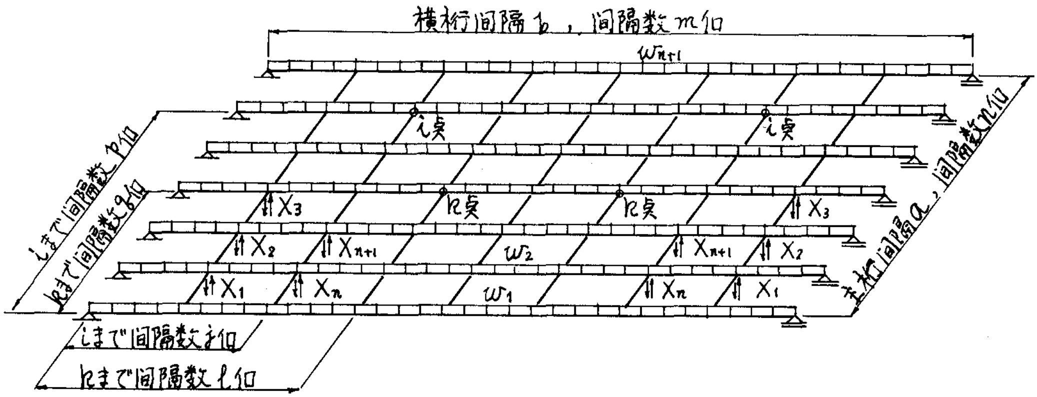
V-142　　コンクリート構造格子桁のクリープによる移行応力について

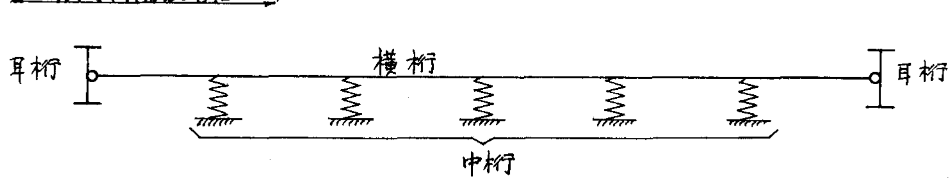
函館工業高等専門学校　正員　外崎　忍

1）　まえがき

コンクリート構造格子桁、特にＰＣ橋では主桁をプレキャストとする例が殆どであるが、この場合コンクリートの打設時期が異なると、死荷重、プレストレスによるクリープ進行速度に差異を生じ、この結果横桁を介して応力の移行が行なわれる。本研究では、主桁、横桁の数及び施工時期の任意な場合のこれら移行応力の解析の一般式を示すものである。又この解析には次の事項を制限した。イ）支間中央を軸として構造ならびに施工時期が対称である。ロ）主桁のねじり剛性による影響は無視できるほど少さい場合である。ハ）コンクリートの弾性係数は一定である。ニ）鉄筋やＰＣ鋼の拘束の影響は、無視できるほど少さい場合である。ホ）クリープ関数は、$\varphi_t = K\cdot\varphi_n\cdot(1-e^{-\alpha t})$ でKはそれぞれの主桁のコンクリート強度が $\sigma = 0.75\sigma_{28}$ になってから、横桁のコンクリート強度が $\sigma = 0.75\sigma_{28}$ になるまでの時間を t_0 とすると $K = e^{-\alpha t_0}$ 、又横桁では $K = 2.0$ とする。φ_n は $t=\infty$ までのクリープ係数である。

2）　微分方程式





格子桁は図のように両耳桁と鉸結合した横桁とを静定系とし中桁を弾性支承とする。そして中桁と横桁交点に生ずる移行力をそれぞれ $X_1, X_2, \cdots X_z$ とする。たゞし支間中央を軸として対称であるから、対称な位置の移行力は同じである。これら移行力に関する微分方程式をマトリックス表示すると次のようになる。

$$\begin{pmatrix} f_{11} & f_{12} & \cdots & f_{1z} \\ f_{21} & f_{22} & \cdots & f_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ f_{z1} & f_{z2} & \cdots & f_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DX_1 \\ DX_2 \\ \cdots \\ DX_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \cdots & a'_{1z} \\ a'_{21} & a'_{22} & \cdots & a'_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a'_{z1} & a'_{z2} & \cdots & a'_{zz} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdots \\ X_z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b'_1 \\ b'_2 \\ \cdots \\ b'_z \end{pmatrix} = 0 \quad \text{--------- (1)}$$

但し　$D = d/d\varphi$

(1)式でマトリックス[F]はt時間経過後の Δt 間に生じた移行力による変形に関するもの、マトリックス

〔A'〕はt時間経過時まで生じた移行力によるΔt間のクリープ変形に関するもの、〔B'〕はt時間経過時まで生じた初期荷重によるクリープ変形に関するものである。

マトリックス〔A'〕の要素

〔A'〕の各要素 a'_{ik} はkをある移行力の作用点、iをその力による変形の着目点とすれば次のように表わされる。

$$
\begin{aligned}
a'_{ik} = & \left[\left\{ \frac{j^2}{3} + \frac{(l^2 - j^2)}{2} + l \cdot \left(\frac{m}{2} - l \right) \right\} \cdot (n-p) \cdot (n-q) \cdot \frac{e^{-\chi t_1}}{I_1} + \left\{ \frac{j^2}{3} + \frac{(l^2 - j^2)}{2} \right. \right. \\
& \left. \left. + l \cdot \left(\frac{m}{2} - l \right) \right\} \cdot p \cdot q \cdot \frac{e^{-\chi t_{n+1}}}{I_{n+1}} \right] \cdot \frac{j\, b^3}{n^2 E} \\
& + p \cdot q \cdot (n-p) \cdot (n-q) \cdot \left\{ 2 - \frac{(q-p)^2}{(n-p) \cdot q} \right\} \cdot a^3 \cdot \frac{K}{6 n E I_R} \\
& + \left\{ \frac{j^2}{3} + \frac{(l^2 - j^2)}{2} + l \cdot \left(\frac{m}{2} - l \right) \right\} \cdot j \cdot b^3 \cdot \frac{e^{-\chi t_{p+1}}}{E I_{p+1}} \qquad \text{---------} (2)
\end{aligned}
$$

第1項は耳桁の変形に関する部分、第2項は横桁の変形に関する部分で $j=l$ の時以外は考慮しない。第3項は中桁の変形に関する部分で $p=q$ の時以外は考慮しない。こゝでEはコンクリートのヤング係数、χはクリープ速度に関する係数、t_n は各主桁の施工時間に関するもので、まえがきで述べたt_0に当る。又横桁については $K=2.0$ とする。I_n , I_R はそれぞれ主桁、横桁の断面2次モーメントである。

マトリックス〔F〕の要素

マトリックス〔F〕は、マトリックス〔A'〕の $e^{-\chi t}$ の項をすべて 1 とおけばよい。又Kも1とする。

マトリックス〔B'〕の要素

図のように死荷重及びプレストレスによる鉛直荷重を等分布荷重に置き換えると次のように表わされる。

$$
\begin{aligned}
b'_i = & - \left[(m-j) \cdot j \cdot (n-p) \cdot m^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{(m-j) \cdot j}{m^2} \right\} \cdot w_1 \cdot \frac{e^{-\chi t_1}}{I_1} \right. \\
& \left. + (m-j) \cdot j \cdot p \cdot m^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{(m-j) \cdot j}{m^2} \right\} \cdot w_{n+1} \cdot \frac{e^{-\chi t_{n+1}}}{I_{n+1}} \right] \cdot \frac{b^4}{24 n E} \\
& + (m-j) \cdot j \cdot m^2 \cdot \left\{ 1 + \frac{(m-j) \cdot j}{m^2} \right\} \cdot \frac{w_{p+1} \cdot b^4 \cdot e^{-\chi t_{p+1}}}{24 E I_{p+1}} \qquad \text{----------} (3)
\end{aligned}
$$

3） 微分方程式の解

〔A〕＝−〔F〕$^{-1}$〔A'〕、〔B〕＝−〔F〕$^{-1}$〔B'〕 として、λ_1、λ_2、・・・λ_z を〔A〕に関する固有値、r_{ij} をそれらに対する固有ベクトルとすると(1)の解は次のように得られる。

$$
\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ \cdot\cdot \\ X_z \end{pmatrix}
=
\begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{z1} & r_{z2} & \cdots & r_{zz} \end{pmatrix}
\begin{pmatrix} e^{\lambda_1 \varphi} & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & e^{\lambda_2 \varphi} & \cdots & \cdot \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ 0 & 0 & \cdots & e^{\lambda_z \varphi} \end{pmatrix}
\begin{pmatrix} 1 & 1 & \cdots & 1 \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ r_{z1} & r_{z2} & \cdots & r_{zz} \end{pmatrix}^{-1}
\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1z} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & \cdots & a_{zz} \end{pmatrix}^{-1}
\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot\cdot \\ b_z \end{pmatrix}
$$

$$
-
\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1z} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2z} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ a_{z1} & a_{z2} & \cdots & a_{zz} \end{pmatrix}^{-1}
\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \cdot\cdot \\ b_z \end{pmatrix}
\qquad \text{-------------------------} (4)
$$