

北海道大学工学部 正員 工博 横道英雄
同 大学院 学生員 O 角田与史雄

PRC桁においてP鋼断面積がかなり大きい場合には、コンクリートのクリープおよび収縮による応力変化を計算する際にP鋼を無視することができらう。この場合は次のように計算される。図1は任意時刻 t におけるコンクリート応力を示すが、続いて dt 時間にはコンクリートはクリープおよび収縮によって鉄筋位置では $\{(\sigma_{cs})_t/E_c + \omega/q\}/\alpha_p$ なる歪が生ずるから鉄筋の拘束によって $-(\sigma_{cs})_t + \omega E_c/q)dt$ なる軸力 $\delta\sigma_{cs}$ が生ずる。ここで q 、 ω はクリープ係数および収縮率である。P鋼位置に対しても上と同様であるから、結局次の微分方程式が成立つ。

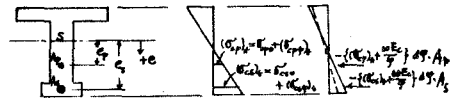


図1
Sは換算断面 $A_s = A_c + n_p A_p$ に対する重心
 σ_{cs0} , σ_{spo0} は死荷重およびプレストレスによる鉄筋なる σ に
P鋼位置のコンクリートの応力 σ

図-1

$$\left. \begin{aligned} d(\sigma_{cs})_t/dt + \alpha_n \{(\sigma_{cs})_t + \omega E_c/q\} + \alpha_{sp} \{(\sigma_{sp})_t + \omega E_c/q\} &= 0 \\ d(\sigma_{sp})_t/dt + \alpha_{ps} \{(\sigma_{cs})_t + \omega E_c/q\} + \alpha_{pp} \{(\sigma_{sp})_t + \omega E_c/q\} &= 0 \end{aligned} \right\} (1)$$

$$\left. \begin{aligned} \alpha_n &= n A_s / A_i (1 + e_s^2 / r_i^2), \quad \alpha_{sp} = n_p A_p / A_i (1 + e_{sp}^2 / r_i^2) \\ \alpha_{ps} &= m A_s / A_i (1 + e_s^2 / r_i^2), \quad \alpha_{pp} = m_p A_p / A_i (1 + e_{sp}^2 / r_i^2) \end{aligned} \right\} (2)$$

ここで r_i は A_i に対する回転半径である。初期条件 $(\sigma_{cs})_{t=0} = \sigma_{cs0}$, $(\sigma_{sp})_{t=0} = \sigma_{spo0}$ を考慮して(1)式を解けば

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{cs} &= K_1 e^{Aq} + K_2 e^{Bq} - \omega E_c/q, \quad \sigma_{sp} = K_3 e^{Aq} + K_4 e^{Bq} - \omega E_c/q \\ \therefore \sigma_{csq} &= \sigma_{cs} - \sigma_{cs0}, \quad \sigma_{spq} = \sigma_{sp} - \sigma_{spo0} \end{aligned} \right\} \dots (3)$$

$$\begin{aligned} \text{ここで } A, B &= -\frac{\alpha_{ss} + \alpha_{pp}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\alpha_{ss} + \alpha_{pp}}{2}\right)^2 - (\alpha_{ss}\alpha_{pp} - \alpha_{sp}\alpha_{ps})} \\ K_1 &= \frac{1}{A-B} \{ (A + \alpha_{pp})(\sigma_{cs0} + \omega E_c/q) - \alpha_{sp}(\sigma_{spo0} + \omega E_c/q) \}, \quad K_2 = -\frac{1}{A-B} \{ (B + \alpha_{pp})(\sigma_{cs0} + \omega E_c/q) - \alpha_{sp}(\sigma_{spo0} + \omega E_c/q) \} \\ K_3 &= \frac{1}{A-B} \{ (A + \alpha_{ss})(\sigma_{spo0} + \omega E_c/q) - \alpha_{ps}(\sigma_{cs0} + \omega E_c/q) \}, \quad K_4 = -\frac{1}{A-B} \{ (B + \alpha_{ss})(\sigma_{spo0} + \omega E_c/q) - \alpha_{ps}(\sigma_{cs0} + \omega E_c/q) \} \end{aligned} \dots (4)$$

これより鋼材の応力は $\sigma_{sq} = -\int_0^q m \{ (1 - \alpha_{ss})(\sigma_{cs} + \frac{\omega E_c}{q}) - \alpha_{sp}(\sigma_{sp} + \frac{\omega E_c}{q}) \} dq \dots$ 等により求められ、結局

$$\left. \begin{aligned} \sigma_{sq} &= n(1 - \alpha_{ss}) T_1 - n_{sp} T_2, \quad \sigma_{spq} = m_p(1 - \alpha_{pp}) T_2 - m_{ps} T_1 \\ \text{ここで } T_1 &= \frac{K_1}{A} (1 - e^{Aq}) + \frac{K_2}{B} (1 - e^{Bq}), \quad T_2 = \frac{K_3}{A} (1 - e^{Aq}) + \frac{K_4}{B} (1 - e^{Bq}) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

またクリープおよび収縮によって生じた曲率の増加は $\{ \sigma_{sq}/E_s - \sigma_{spq}/E_p \} / (e_s - e_p)$ であるから、これを支間全体にわたって積分することにより、たわみおよびたわみ角の変化を知ることが出来る。またクリープおよび収縮によってコンクリートのひびわれ安全性は、両鋼材位置にそれぞれ

$$T_{sq} = A_s (\sigma_{sq} + n \sigma_{csq}), \quad T_{sp} = A_p (\sigma_{spq} + m_p \sigma_{spq})$$

なる軸力が働いたと同じだけ高くなる。

以上はコンクリート全断面を有効とした場合であるが、PRC桁においてはP鋼桁と異なってプレストレス導入前および設計荷重下ではコンクリートのひびわれを許容することが考えられるから、この場合には上式と状態が異なって、引張側コンクリートを無視して求めた断面係数および応力を用いて上式から計算した値に近づくと考えられる。

以上から、予めひびわれを生ぜしめた、ならびに生じないRC桁にプレストレスを導入した各1本のPRC桁に持続荷重を載荷し、クリープおよび収縮の影響を調べたが、ここには後者の結果のみを

示す。

試験桁の形状寸法は図-2に示すもので、使用したコンクリートは単位セメント量 271 kg 、水セメント比 60% で、セメントは早強セメントを用い、骨材最大寸法は 15 mm とした。打設後3日間湿潤養生し、5日目に有効プレストレス $P_0 = 3.58 \times (\sigma_{pu} = 9300 \text{ kg/cm}^2)$ を導入し、9日目に支間3等分点に合計2本の持続荷重を載荷し、支間中央において、コンタクトストロメーターによりフランジ上縁およびウェブ鉄筋位置の歪を、ゲイエルガーシ ($V_{100 \text{ mm}}$) によりたわみと測定した。

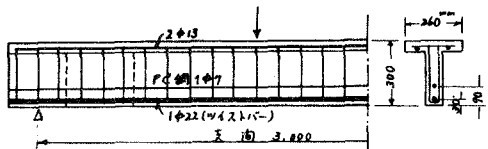


図-2 試験桁の形状寸法

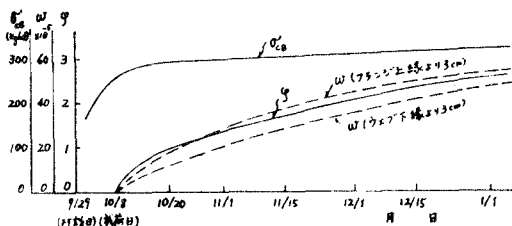


図-3

これと同時に中 25 cm 、高さ 8 cm 、支間 3 m の無筋コンクリート矩形桁で自重による歪およびたわみの変化からクリープ係数と、PR比桁と同じ断面形状の無筋コンクリート柱で収縮率を測定したが、その結果を図-3に示す。

これからPR比桁の歪およびたわみの実測値と計算値を比較すれば図-4および5となる。ただし計算値は圧縮鉄筋の影響も考慮に入れ、またプレストレス導入から試験開始までの間、 $\phi = 0.7$ および $\omega = 7.0 \times 10^{-5}$ と見込み、かつ ϕ と ω が比例していないため、日数と数々に分割してその間の ϕ 、 ω および E_c の値を用いて計算したものである。これによれば、コンクリートの養生が不十分だったため、載荷直後から引張側コンクリートは塑性域に入り、およそ20日後に予定し

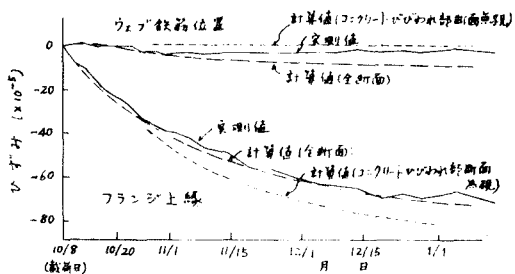


図-4

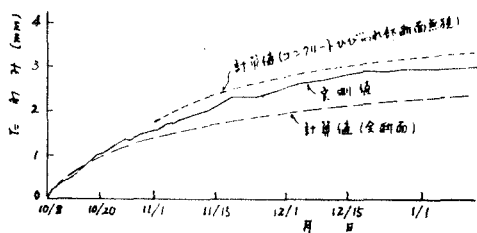


図-5

なかった数本の微小な収縮ひびわれが入ったため、引張側の歪およびたわみはコンクリート全断面有効とする計算値より大きくなっていくが概してよく一致している。しかしこのひびわれの発生によってクリープおよび収縮によるPR比桁のひびわれ性状を調べることが不十分であった。

なお、実験中の室内の温度は平均 $12 \sim 7^\circ \text{C}$ 、1日内の温度変化は 3°C 以下であり、湿度は $70 \sim 80\%$ であった。