I-10 断続合成桁の簡易計算法について、

大阪大学工学部　正員　赤尾親助

1. まえがき

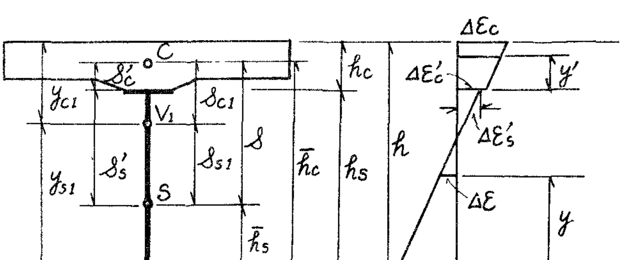
連続桁橋、またはゲルバー桁橋の中間支点上の合成構造として、コンクリートに生ずる曲げ引張応力度を減少させる方法に、合成程度を弱くした弾性合成構造とか、一部のジベルを省いた断続合成構造が考えられる。本文は、断続合成構造におけるコンクリートのクリープ、収縮の影響に対する簡易計算法について述べたものであって、実用上、スラブ止め程度の弾性合成構造の場合も、この断続合成構造としての略算が許されるものと考えられる。

2. クリープと収縮の影響

F. Chichoki によれば、コンクリートのヤング率 E_c の時間的変化を無視すると、ひずみに関して、次式が与えられる。

$$\frac{d\varepsilon_t}{dt} = \frac{\sigma_t}{E_c}\cdot\frac{d\varphi_t}{dt} + \frac{1}{E_c}\cdot\frac{d\sigma_t}{dt} \qquad (1)$$

ここに ε_t, σ_t, および φ_t は、それぞれ 時間 t におけるコンクリートのひずみ、応力度、および クリープ係数 をあらわすものとする。



図－1.

いま、

$$\sigma_t = \sigma_0 - (\sigma_0 - \sigma_\infty)(1 - e^{-kt})$$
$$\varphi_t = \varphi(1 - e^{-kt}) \qquad (2)$$

とおき、式(1)に代入し、$t = 0 \sim \infty$ まで積分すれば、

$$\varepsilon_\infty = \{\varphi\cdot\sigma_0 + (\varphi+2)\sigma_\infty\}/2E_c \qquad (3)$$

$\Delta\sigma = \sigma_\infty - \sigma_0$, $\Delta\varepsilon = \varepsilon_\infty - \varepsilon_0$, および $\varepsilon_0 = \sigma/E_c$ を用いて書きかえると

$$\Delta\varepsilon = \left\{\sigma_0\cdot\varphi + \Delta\sigma\left(1 + \frac{\varphi}{2}\right)\right\}/E_c$$

これより、応力変化量 $\Delta\sigma$ は、ひずみ変化量 $\Delta\varepsilon$ を知れば求められることになる。

$$\Delta\sigma = E_{c1}\cdot\Delta\varepsilon - \sigma_0\cdot 2\varphi/(2+\varphi) \qquad (4)$$

ここに　$E_{c1} = E_s/n_1$,　$n_1 = n(1+\varphi/2)$

3. ジベルを省いた区間のクリープの影響

図－1を参照し、コンクリートと鋼桁の接触面のひずみ変化量をそれぞれ $\Delta\varepsilon_c'$, $\Delta\varepsilon_s'$ と記号する。この場合、一般に $\Delta\varepsilon_c' \neq \Delta\varepsilon_s'$ である。縁維におけるひずみ変化量を $\Delta\varepsilon_c$, $\Delta\varepsilon_s$ とすれば、任意点のひずみ変化量は、

$$\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon_c\frac{y'}{h_c} + \Delta\varepsilon_c'\left(1 - \frac{y'}{h_c}\right) \cdots \text{コンクリート部},\quad \Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon_s'\frac{y}{h_s} + \Delta\varepsilon_s\left(1 - \frac{y}{h_s}\right) \cdots \text{鋼桁部} \qquad (5)$$

式(4)から応力変化量は

$\Delta\sigma_{cy}' = E_{c1}\cdot\Delta\varepsilon - \sigma_0\cdot 2\varphi/(2+\varphi)$ …コンクリート部，　$\Delta\sigma_{sy} = E_s\cdot\Delta\varepsilon$ …鋼桁部　(6)

さて、コンクリート断面における軸力変化量を ΔN_c とし，条件式 $\int_A \Delta\sigma\cdot dA = 0$，$\int_A \Delta\sigma\cdot y\cdot dA = 0$，および $k_s(\Delta\varepsilon_c - \Delta\varepsilon_c') = k_c(\Delta\varepsilon_s' - \Delta\varepsilon_s)$ を用いると、ひずみ変化量 $\Delta\varepsilon$ は、N_c および ΔN_c の関数としてあたえられる。さらに、ジベルを省いた区間の両端（a，および b とする）で、接触面におけるずれがないという条件

$$\int_a^b \Delta\varepsilon_c' \, dx = \int_a^b \Delta\varepsilon_s' \, dx \tag{7}$$

によって ΔN_c がきまる。かくして得られたひずみ変化量 $\Delta\varepsilon$ を式(6)に代入し、整理すると、断面の主要点の応力変化量は、結局次のようにあらわされる。

$$\left.\begin{aligned}
&\text{コンクリート部上縁} \quad \Delta\sigma_{cu} = \frac{N_c}{n_1}\cdot\frac{2\varphi}{2+\varphi}\cdot\frac{1}{\nu}\left\{\frac{\delta_{c1}y_1}{I_{v1}} + \frac{1}{A_{v1}} - \frac{n_1}{A_c}(1-\nu)\right\} - \sigma_{cu}\cdot\frac{2\varphi}{2+\varphi} \\
&\text{コンクリート部重心} \quad \Delta\sigma_{c0} = \frac{N_c}{n_1}\cdot\frac{2\varphi}{2+\varphi}\cdot\frac{1}{\nu}\left\{\frac{\delta_{c1}^2}{I_{v1}} + \frac{1}{A_{v1}} - \frac{n_1}{A_c}(1-\nu)\right\} - \sigma_{c0}\cdot\frac{2\varphi}{2+\varphi} \\
&\text{鋼桁下縁} \quad \Delta\sigma_{sl} = N_c\cdot\frac{2\varphi}{2+\varphi}\cdot\frac{1}{\nu}\left(-\frac{\delta_{c1}y_{s1}}{I_{s1}} + \frac{1}{A_{v1}}\right)
\end{aligned}\right\} \tag{8}$$

こゝに $\quad \nu = \dfrac{k_1\delta_{c1}}{\delta}\cdot\dfrac{1}{b-a}\displaystyle\int_a^b \dfrac{\delta}{k_1\delta_{c1}}\cdot dx$，$\quad k_1 = \left(I_s + \dfrac{I_c}{n_1}\right)\Big/ I_{v1}$　(9)

コンクリート断面は一定とし、I_{v1}，A_{v1}，y_{s1}，y_{c1} および δ_{c1} 等は、$n_1 = n(1+\frac{\varphi}{2})$ に関する断面諸値をあらわす。　また δ はある基準値である。

4．収縮の影響

コンクリートの最終収縮量を ε_s とすれば、$\Delta\varepsilon = \varepsilon_s + \dfrac{\Delta\sigma_{cy}}{E_c}\left(1+\dfrac{\varphi}{2}\right)$　(10)

前項と同様の計算の結果として、

$$\left.\begin{aligned}
&\text{コンクリート部上縁} \quad \Delta\sigma_{cu} = \frac{\varepsilon_s E_{c1}}{\nu}\left\{\frac{A_c}{n_1}\left(\frac{\delta_{c1}y_{c1}}{I_{v1}} + \frac{1}{A_{v1}}\right) - 1\right\} \\
&\text{コンクリート部重心} \quad \Delta\sigma_{c0} = \frac{\varepsilon_s E_{c1}}{\nu}\left\{\frac{A_c}{n_1}\left(\frac{\delta_{c1}^2}{I_{v1}} + \frac{1}{A_{v1}}\right) - 1\right\} \\
&\text{鋼桁下縁} \quad \Delta\sigma_{sl} = \frac{\varepsilon_s E_{c1} A_c}{\nu}\left\{-\frac{\delta_{c1}y_{s1}}{I_{v1}} + \frac{1}{A_{v1}}\right\}
\end{aligned}\right\} \tag{11}$$

こゝに ν は式(9)より得られる。合成されない区間の断面が一定のときは、$\nu = 1$ となるから、式(8)および(11)は、完全合成の場合に一致することになる。

5．不静定構造における収縮およびクリープの影響の略算法．

影響を次の2部分に分けて取り扱う。

i）不静定力の変化を考慮しない場合のクリープおよび収縮による応力度変化。
　不静定力は、時間ゼロのときの値を保つものとみなして求める。

ii）不静定力の変化に基いて生ずるモーメント変化量 ΔM による応力度変化。
　応力度算出には、$n_1 = n(1+\varphi/2)$ を用いた断面諸値を使用する。