Ⅱ－19　　プレキャストコンクリート合成はりの収縮差応力の算定について

岐阜大学　正員　大浜文彦
〃　　〃　○小林和夫

Ⅰ〕まえがき

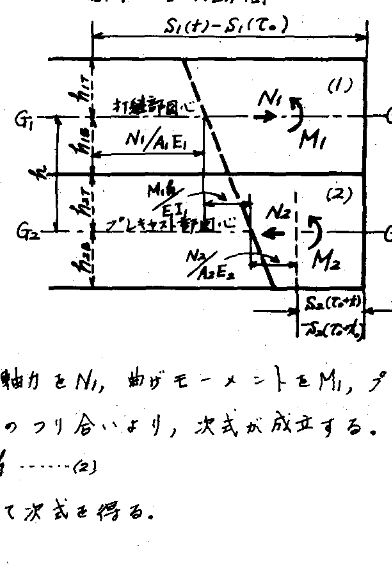
プレキャストコンクリート部材にコンクリートの打継ぎを行ない，一体とした合成はりでは一般に両コンクリート間で乾燥収縮ひずみおよびクリープ特性が相異するので，両断面には拘束応力（以後これを収縮差応力という）が生ずる。この収縮差応力の算定にあたって，コンクリートのクリープ現象を考えない弾性式を用いると過大な応力を見積り，断面の設計上安全側の値とはなるが不経済である。そのためにクリープを考慮した種々の計算式も提案されているが，これらは一般に解を簡便化するためにクリープの影響を考えに入れた有効弾性係数を用いたり，コンクリートの弾性係数の時間的変化を無視したりするものが多い。とくに打継部コンクリートには極めて早期の材令から収縮差応力が誘起されることを考えると，コンクリートの弾性係数の変化を無視してこれを算定することは正しくない。以上の諸点を考えて，ここでは弾性式ならびにクリープ現象を考慮した２，３の算式に基づいて数値計算を行ない，収縮差応力の算定において考慮すべき諸点について考える。

Ⅱ〕収縮差応力の計算式および数値計算例

以下の式中の記号はつぎのとおりである。ただし，添字"1"，"2"はそれぞれ打継部，プレキャスト部に関するものを表わす。

A：断面積　I：断面２次モーメント　h_T，h_B：各断面の図心軸よりそれぞれの上縁，下縁までの距離　$h = h_{1B} + h_{2T}$
E：弾性係数　S：乾燥収縮ひずみ　φ：クリープ係数　τ_0：プレキャスト部打設から打継ぎ実施までの時間　t_0：打継ぎ完了後から拘束開始までの時間

図１　合成断面



Ⅱ-1　クリープを考えない弾性式

図１のように，打継ぎ後の任意時間 t に打継ぎ部に作用する軸力を N_1，曲げモーメントを M_1，プレキャスト部のそれらを N_2，M_2 とすると，軸力およびモーメントのつり合いより，次式が成立する。

$$N_1(t) = N_2(t) = N(t) \cdots\cdots (1) \qquad M_1(t) + M_2(t) = N(t)\cdot h \cdots\cdots (2)$$

また，両断面の回転角および軸方向ひずみの適合条件式として次式を得る。

$$M_1(t)/E_1(t)I_1 = M_2(t)/E_2(\tau_0+t)I_2 \cdots\cdots (3)$$

$$S_1(t)-S_2(t_0) = S_2(\tau_0+t)-S_2(\tau_0+t_0)+N_1(t)/A_1E_1(t) + N_2(t)/A_2E_2(\tau_0+t) + M_1(t)/E_1(t)I_1\times h \quad \cdots\cdots (4)$$

Ⅱ-2　クリープを考えた計算式―弾性係数の変化を無視―

コンクリートのクリープに関するWhitneyの法則を用いると，Ⅱ-1の式(3)(4)は次の(3)′(4)′となる。

$$M_1(t)/E_{1c}I_1 + \int_{t_0}^{t}\frac{M_1(t)}{E_{1c}I_1}\frac{d\varphi_1(t)}{dt}dt = M_2(t)/E_{2c}I_2 + \int_{t_0}^{t}\frac{M_2(t)}{E_{2c}I_2}\frac{d\varphi_2(t)}{dt}dt \cdots\cdots (3)'$$

$$S_1(t)-S_1(t_0) = S_2(\tau_0+t)-S_2(\tau_0+t_0)+N_1(t)/A_1E_{1c} + \int_{t_0}^{t}\frac{N_1(t)}{A_1E_{1c}}\frac{d\varphi_1(t)}{dt}dt + N_2(t)/A_2E_{2c}$$
$$+\int^{t}\frac{N_2(t)}{A_2E_{2c}}\frac{d\varphi_2(t)}{dt}dt + M_1(t)\cdot h/E_{1c}I_1 + h\int_{t_0}^{t}\frac{M_1(t)}{E_{1c}I_1}\frac{d\varphi_1(t)}{dt}dt \cdots\cdots (4)'$$

II-3 クリープを考えた計算式—弾性係数の変化を考慮—

変化応力を受ける状態でコンクリートの弾性係数も時間的に変化する場合の時間tまでの総ひずみは，初応力を受けた時の弾性係数を$E(t_i)$とすると，Whitneyの法則を用いて次のように計算できる。

$$\sigma(t)/E(t) + \int_{t_i}^{t} \frac{1}{E(t_i)} \frac{d\sigma(\tau)}{d\tau} \left(\varphi(t) - \varphi(\tau) \right) d\tau$$
$$= \sigma(t)/E(t) + \int_{t_i}^{t} \frac{\sigma(t)}{E(t_i)} \frac{d\varphi(t)}{dt} dt$$

ただし，上式では$\sigma(\tau)_{\tau=t_i}=0$とした。

この場合には，上式を用いて，II-1の(3)，(4)式に相当する式として次の(3)''，(4)''式を得る。

$$M_1(t)/E_1(t)I_1 + \int_{t_0}^{t} \frac{M_1(t)}{E_1(t_0)I_1} \frac{d\varphi_1(t)}{dt} dt$$
$$= M_2(t)/E_2(\tau_0+t)I_2 + \int_{t_0}^{t} \frac{M_2(t)}{E_2(\tau_0+t_0)I_2} \frac{d\varphi_2(t)}{dt} dt \quad \cdots\cdots (3)''$$

$$S_1(t) - S_1(t_0) = S_2(\tau_0+t) - S_2(\tau_0+t_0)$$
$$+ N_1(t)/A_1E_1(t) + \int_{t_0}^{t} \frac{N_1(t)}{A_1E_1(t_0)} \frac{d\varphi_1(t)}{dt} dt + N_2(t)/A_2E_2(\tau_0+t)$$
$$+ \int_{t_0}^{t} \frac{N_2(t)}{A_2E_2(\tau_0+t_0)} \frac{d\varphi_2(t)}{dt} dt + M_1(t)\cdot h/E_1(t)I_1$$
$$+ h \cdot \int_{t_0}^{t} \frac{M_1(t)}{E_1(\tau_0+t_0)I_1} \frac{d\varphi_1(t)}{dt} dt \quad \cdots\cdots (4)''$$

以上の(1)，(2)……(4)''式を用いて，II-1，II-2，II-3の場合に対するN_1，N_2，M_1，M_2を計算すると，打継後の任意時間tにおける断面の収縮差応力は次式より計算できる。

$$\left.\begin{aligned}
\sigma_{1T} &= -N_1/A_1 \quad M_1 h_{1T}/I_1 \\
\sigma_{1B} &= -N_1/A_1 - M_1 h_{1B}/I_1 \\
\sigma_{2T} &= +N_2/A_2 + M_2 h_{2T}/I_2 \\
\sigma_{2B} &= +N_2/A_2 - M_2 h_{2B}/I_2
\end{aligned}\right\} \quad \cdots\cdots (5)$$

ただし，(+)：圧縮，(−)：引張応力を表わす。

以下の場合について，数値計算を行ないN，M_1，M_2を求めたものの一例を図2に示す。

$$A_1 = A_2 = 10^{cm} \times 10^{cm}$$
$$E_1(t) = E_2(t) = 3.5\times10^5 (1 - e^{-0.09t})\ kg/cm^2$$
$$E_{1c} = E_{2c} = 3.5\times10^5\ kg/cm^2$$
$$S_1(t) = S_2(t) = 1.25 \times \frac{0.75t}{10.5+0.25t} \times 10^{-4}$$
$$\varphi_1(t) = \frac{0.75t}{10.5+0.25t}, \quad \varphi_2(t) = \frac{0.50t}{10.6+0.25t}$$
$$\tau_0 = 28\ days \qquad t_0 = 1\ day$$

その他の場合については，発表会当日に述べる。

図2-1 軸力N～打継ぎ後の時間tの関係

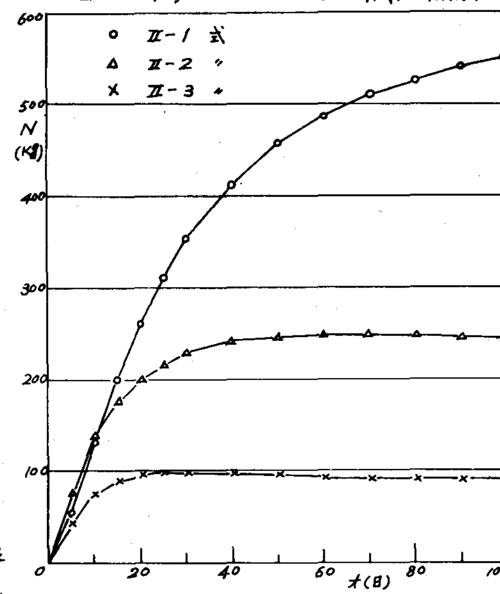


図2-2 モーメントM1,M2～打継ぎ後の時間t