

PC橋のクリープおよび乾燥収縮について

東北大学工学部 正 員 後藤幸正
東北大学工学部 正 員 尾坂芳夫
東北大学大学院 学主員 〇張 智富

1. まえがき

プレストレストコンクリート橋梁におけるコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の値は、構造物の設計施工に際し、有効プレストレスの計算や、上げ越し、たわみの推定などに関与してきわめて重要なものであって、これらのそれぞれの値を適切に与えることはPC橋の設計施工上の重大な課題となっている。しかし、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮に影響を与える要因が多いばかりでなく、これらが互いに複雑にからみ合っており、設計施工の際にクリープおよび乾燥収縮のそれぞれの値を適確に推定することはきわめて難しい。これらの主な影響因子としては、コンクリートの品質、構造物の置かれた環境条件（湿度、温度、日射、風など）、載荷時のコンクリート材令、部材の形状寸法、部材の鉄筋比などが考えられる。

近年、工学会の『プレストレストコンクリート標準示方書』の制定にあたって、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮の値については、上述の主な影響因子を考慮に入れたCEB-FIPの『コンクリート構造物設計施工国際指針（1970年）』の計算方法の検討がされている。本報告は、コンクリートのクリープおよび乾燥収縮についての一連の研究のうち、主として、CEB-FIP国際指針の計算方法に従って求めたコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の計算値と、実際のPC橋および室内試験における測定値との比較検討を行ったものである。

2. CEB-FIP国際指針の計算方法

コンクリートの遅延弾性を考慮しない場合のクリープおよび乾燥収縮は、次の方法で計算する。

(1). コンクリートのクリープひずみ

$$\epsilon_f = \frac{\sigma_b'}{E_{b28}} \rho_t \quad \text{----- (1)}$$

$$\rho_t = k_c \cdot k_d \cdot k_b \cdot k_e \cdot k_t \quad \text{----- (2)}$$

ここで、 ϵ_f :最終クリープ歪

σ_b' :コンクリートの応力度

E_{b28} :材令28日におけるコンクリート

のヤング係数

k_c :環境条件に関する係数

k_d :載荷時のコンクリートの硬化度に関する係数

k_b :コンクリートの配合に関する係数

k_e :部材の仮想厚さに関する係数

k_t :遅れ変形の時間的な進行に関する係数

ρ_t :クリープ係数

なお、変化応力度をうけた場合には、荷重の重ね合せを行ない、次式で表わされる。

$$\begin{aligned} \epsilon_{fs} &= \frac{1}{E_{b28}} \left[\sigma_{bj}' \cdot \rho_t(z-j) + \sum \sigma_{bi}' \cdot \rho_t(z-i) \right] \\ &= \frac{k_c \cdot k_b \cdot k_e}{E_{b28}} \left[\sigma_{bj}' \cdot k_d \cdot k_t(z-j) + \sum \sigma_{bi}' \cdot k_d \cdot k_t(z-i) \right] \quad \text{----- (3)} \end{aligned}$$

(2). コンクリートの乾燥収縮ひずみ

$$\epsilon_{rs} = \epsilon_c \cdot k_b \cdot k_e \cdot k_p \cdot k_t \quad \text{----- (4)}$$

ここで、 ϵ_{rs} :任意時点における乾燥収縮歪

ϵ_c :環境条件に関する係数

k_b :コンクリートの配合に関する係数

k_e :部材の仮想厚さに関する係数

k_p :軸方向鉄筋の鉄筋比Pに関する係数

$$k_p = 100/100 + \pi p \quad (\pi = 20 \text{ とする})$$

k_t :乾燥収縮の時間的な進行に関する係数

なお、(ε-ε)の期間中の乾燥収縮ひずみは次の通りである。

$$\Delta \varepsilon_r(\varepsilon-1) = \varepsilon_c \cdot k_b \cdot k_e \cdot k_p \cdot (k_{t2} - k_{t1}) \text{ ----- (5)}$$

以上の諸係数の値は、すべて、CEB-FIPの基礎データに基づいた図表で与えられている。また、式(3)、(4)は気象条件が一定であるときのみに成立する。

3. 計算値の算出

前項の計算方法に従って電算プログラムを作成した。この際、前の式(3)、(4)と気象条件が変化する場合にも適用できるような式に書きなおした。

$$\varepsilon_{fz} = \frac{k_b \cdot k_e}{E_{b20}} \left\{ \sum_{j=1}^n \phi_{bj} \cdot k_{dj} \cdot \left[\sum_{k=1}^m k_{ck} \cdot (k_{tjk} - k_{tj(c-k-1)}) \right] \right\} \text{ ----- (3)'}$$

$$\varepsilon_{r2} = k_b \cdot k_e \cdot k_p \left[\sum_{c=1}^n \varepsilon_{ce} \cdot (k_{te} - k_{t(e-1)}) \right] \text{ ----- (4)'}$$

また、諸係数の算出は、CEB-FIPの図表をinputして、Aitken-Nevilleの3次補間法によって行われた。計算の流れ図は図-1に示す。

なお、計算は東北大学大型電算センターMOD7 Systemを利用した。

4. 計算値と測定値との比較検討

前述の電算プログラムを利用して、実際のPC橋(M橋)および室内試験供試体の諸元(表-1参照)をinputしてコンクリートのクリープおよび乾燥収縮の値を計算した。これらの計算値と測定値との比較をそれぞれ図-2、3に示したが、かなり異なっていることがわかる。しかし、これらの影響因子が互いにかみ合っているので、単なる相異性を指摘することは難しい。なお、

表-1 諸元

フリープひずみの進行について考察すると、初期はかなり異なるが、材令約60日以降の進行度はほぼ一致することが言える。乾燥収縮ひずみの計算値は過小な値になっていると考えられる。これから、む、と多くの実験結果と比較検討し、合理的な計算方法を確立すべきであると思われる。

	M 橋	室内試験
コンクリートの配合	C=400% w/c=40%	C=430% w/c=35%
相 対 湿 度	85~95%	60%
部材仮想厚さ	29 cm	7.5 cm
鉄 筋 比	0.4 %	1.7 %
弾性ひずみ	737 × 10 ⁻⁶ -136 × 10 ⁻⁶	295 × 10 ⁻⁶

図-2 M 橋の結果

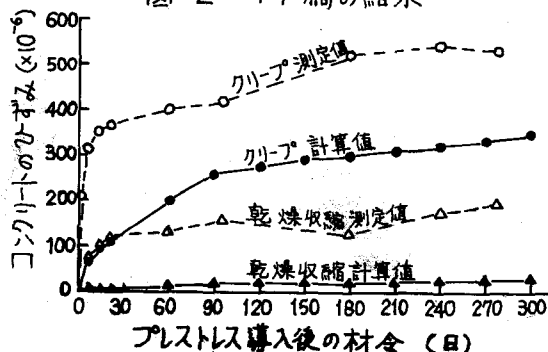


図-3 室内試験の結果

