

# V-39 コンクリートのクリープ・乾燥収縮に対する鉄筋拘束応力の評価について

J R 東日本 東北工事事務所 正会員○岩田 道敏

正会員 石橋 忠良

正会員 齊藤 啓一

## 1. はじめに

鉄筋量、プレストレス（量、偏心）、断面等を変えたコンクリート供試体の鉄筋ひずみの経時変化を約3年半にわたり計測を行なった。それに基づき、鉄筋の拘束応力を算定する際のコンクリートのクリープ・乾燥収縮の評価法について検討したので報告する。

## 2. 供試体による測定の概要

鉄筋の拘束応力とクリープ・乾燥収縮の関係を実験的に得るために、鉄筋を配置したRC供試体にプレストレスを加え、鉄筋、コンクリート等のひずみを測定した。供試体は、図-1に示した様に、断面寸法、鉄筋量、緊張力、PC鋼材の偏心量を変化させ計18体作成し、それぞれの供試体に、鉄筋、コンクリート、PC鋼材のひずみ計を取付け、測定を行なった。供試体の諸条件を、表-1および表-2に示す。

供試体には、湿潤養生後材令3日で初期緊張を、17日目に再緊張を行ない、プレストレスの導入を行なった。また、測定中の供試体は、雨水が直接供試体にかからないようにシートで保護した状態で、屋外に設置した。

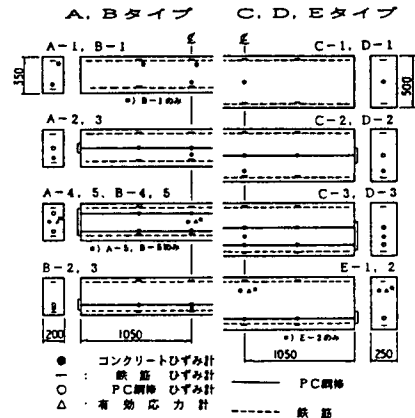


図-1 供試体形状及びひずみ計設置状況

表-2 コンクリートの配合

| 粗骨材の最大寸法<br>(mm) | スランプ<br>の範囲<br>(cm) | 空気量<br>の範囲<br>(%) | W/C<br>(%) | S/A<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |      |        |
|------------------|---------------------|-------------------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|------|------|--------|
|                  |                     |                   |            |            | W                        | C   | S   | G    | 混和剤  | AE剤    |
| 25               | 8±2.5               | 4.5±1             | 35.5       | 36.0       | 152                      | 428 | 611 | 1146 | 5.2t | 1.57cc |

## 3. 解析手法

コンクリートの乾燥収縮と、それに対する鉄筋の拘束により、鉄筋には圧縮応力が、コンクリートには引張応力が生じる。式(1)に示す鉄筋位置のひずみの適合条件から導かれる関係を用いて、材令ごとの鉄筋ひずみの経時変化を計算し、実測値との比較を行なった。

解析に際して、解析に用いる湿度は、供試体を設置した仙台市の年平均湿度73%を参考に、設置条件等を考慮して、80%とした。式(1)中のコンクリートの乾燥収縮度、クリープひずみの計算は、阪田らによる提案式<sup>1)2)</sup>と、「CEB-FIP MODEL CODE 1990」に示された計算式<sup>3)</sup>の2通りで行ない、実測値と比較することとした。

表-1 試験体設計条件

| 試験体<br>TYPE-V0. | 断面<br>寸法<br>(cm) | 鉄筋量<br>(ca2)     | プレストレスによるコンクリート応力度 *1 |          |                     |             | 歪計設置数 |          |            | 有効<br>応力<br>計 |
|-----------------|------------------|------------------|-----------------------|----------|---------------------|-------------|-------|----------|------------|---------------|
|                 |                  |                  | コンクリート<br>上縁・下縁       | 歪計<br>位置 | 鉄筋<br>歪計位置<br>(上・下) | 鉄筋<br>位置    | 鉄筋    | PC<br>鋼材 | コン<br>クリート |               |
| A               | 1                | 2.14<br>(0.31%)  | 0                     | 0        | 0                   | 0           | 2     | -        | 1          |               |
|                 | 2                |                  | 400                   | 400      | 400                 | 400         | 2     | 2        | 1          |               |
|                 | 3                |                  | 800                   | 800      | 800                 | 800         | 2     | 2        | 1          |               |
|                 | 4                |                  | 1200                  | 1200     | 1200                | 1200        | 2     | 4        | 1          |               |
|                 | 5                |                  | 1600                  | 1600     | 1600                | 1600        | 2     | 4        | 1          | 1             |
| B               | 1                | 11.61<br>(1.66%) | 0                     | 0        | 0                   | 0           | 4     | -        | 1          |               |
|                 | 2                |                  | 846                   | -46      | 667                 | 56 : 744    | 4     | 2        | 1          |               |
|                 | 3                |                  | 1691                  | -91      | 1335                | 112 : 1488  | 4     | 2        | 1          |               |
|                 | 4                |                  | 1200                  | 1200     | 1200                | 1200        | 4     | 4        | 1          |               |
|                 | 5                |                  | 1600                  | 1600     | 1600                | 1600        | 4     | 4        | 1          | 1             |
| C               | 1                | 5.07<br>(0.41%)  | 0                     | 0        | 0                   | 0           | 4     | -        | 1          |               |
|                 | 2                |                  | 932                   | -36      | 738                 | 42 : 854    | 4     | 2        | 1          |               |
|                 | 3                |                  | 1622                  | 170      | 1244                | 286 : 1506  | 4     | 4        | 1          |               |
| D               | 1                | 20.27<br>(1.62%) | 0                     | 0        | 0                   | 0           | 4     | -        | 1          |               |
|                 | 2                |                  | 932                   | -36      | 738                 | 42 : 854    | 4     | 2        | 1          |               |
|                 | 3                |                  | 1622                  | 170      | 1244                | 286 : 1506  | 4     | 4        | 1          |               |
| E               | 1                |                  | -152                  | 600      | 36                  | -92 : 540   | 4     | 2        | 1          |               |
|                 | 2                |                  | -305                  | 1201     | 72                  | -184 : 1080 | 4     | 2        | 1          | 1             |

\*1) 初期緊張時に導入される応力度 (t/a2)

$$\begin{aligned} & \varepsilon_{cs}(t_{i+1}, t_i) \\ & + \Sigma \{ C_{sp}(t_{i+1}, t_i, t_j) \cdot \Delta \sigma_{co}(t_j) \} + C_{sp}(t_{i+1}, t_i, t_i) \cdot \frac{\Delta \sigma_{co}(t_i)}{2} \\ & - \frac{A_s \cdot \Delta \sigma_s(t_i)}{E_c \cdot A_c} \left( 1 + \frac{e_s^2}{r^2} \right) = \frac{\Delta \sigma_s(t_i)}{E_s} \dots (1) \end{aligned}$$

$\varepsilon_{cs}(t_{i+1}, t_i)$  :  $t_{i+1}$  から  $t_i$  までに進行する乾燥収縮ひずみ  
 $C_{sp}(t_{i+1}, t_i, t_j)$  :  $t_j$  に載荷された荷重によって  $t_{i+1}$  から  $t_i$  までに進行するクリープひずみ  
 $\Delta \sigma_{co}(t_i)$  :  $t_i$  に付加されるコンクリート応力度  
 $\Delta \sigma_s(t_i)$  :  $t_i$  に付加されるクリープ、乾燥収縮による鉄筋応力度変動量  
 $A_c, A_s$  : コンクリート、鉄筋の断面積  
 $E_s$  : 鉄筋の弾性係数、 $e_s$  : 鉄筋の偏心距離、 $r$  : 断面二次半径

#### 4. 結果と考察

図-2に示した図は、プレストレスを与えていない供試体の計算結果の一例である。鉄筋圧縮ひずみは、本試験においては、阪田らによる提案式を用いて、式(1)により表現できるようである。

図-3に、プレストレスを与えた場合の圧縮鉄筋ひずみの実測値と計算値の一例を示す。同様に式(1)により、プレストレスを与えた場合においても、良く表現できているようである。

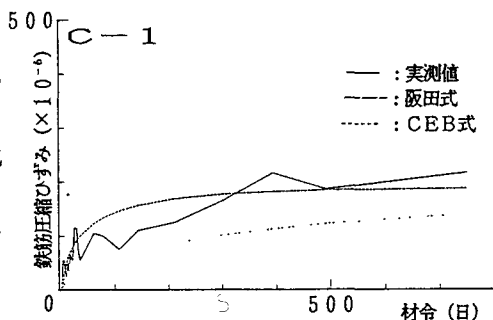


図-2 実測値と提案式との比較

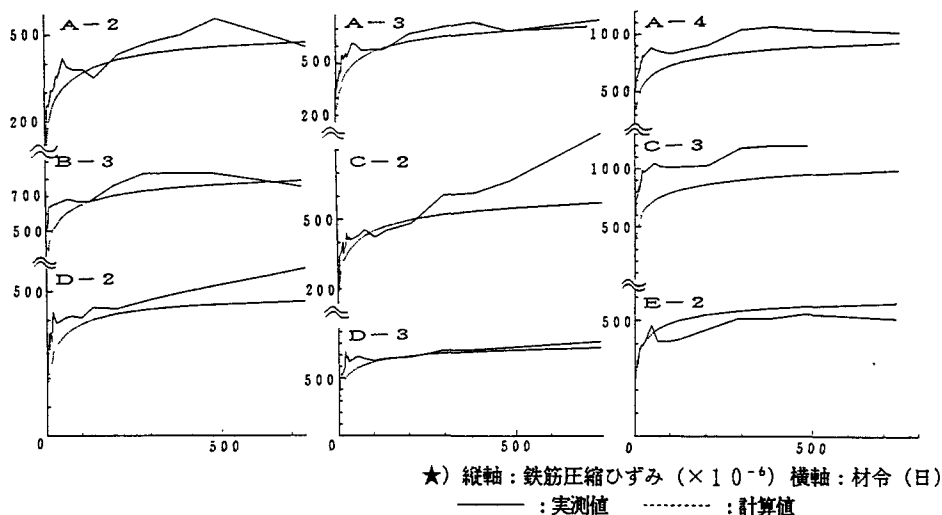


図-3 プレストレスを与えた場合の実測値と計算値の比較

#### 5. まとめ

クリープ・乾燥収縮の鉄筋に与える影響については、本試験で行なった材令1000日程度までの供試体においては、式(1)を計算することにより評価できるようである。

#### 参考文献)

- 1) 阪田憲次・綾野克紀：コンクリートの乾燥収縮ひずみ予測式の提案，第43回セメント技術講演集
- 2) 阪田憲次・池田清：コンクリートのクリープの予測に関する研究，土木学会論文報告集第340号1988,12
- 3) CEB-FIP MODEL CODE 1990