

岡山大学 正員 ○阪田 憲次  
 " 大石 啓史  
 (株)間組 中村 幸一

1. まえがき

コンクリート構造物が従来の許容応力度法から限界状態設計法へ移行しつつある昨今、乾燥収縮およびクリープひずみのより適切な予測手法の確立は、きわめて重要かつ急を要する問題である。最近の予測式は、固体力学の発達に立脚した構成方程式という概念のもとに位置づけられるものである。すなわち、クリープに影響する種々の要因を、ひずみの生成機構との関連において考慮した予測式で、従来の、実験で観察されたひずみと時間との関係を、なんらかの数式で表現しようとするものとは、その意図するところが異なる。この種の予測式としては、最近、Ruschの予測式およびBažantの予測式が注目をあびている。前者は、すでに、CEB/FIPのモデルコードやわが国の土木学会PC標準示方書などに採用され、広く普及しているところであるので、本研究においては、Bažantの予測式を採り上げ、その適用性と問題点につき、数値計算および実験をもとに検討する。

2. Bažantのクリープ予測式の概要

Bažantの予測式は、クリープに影響するきわめて多くの要因を含んだものであり、その適用範囲はきわめて広い。それらの詳細については文献に譲り、ここでは、その概要についての記述を。

Bažantのクリープひずみ予測式は、次式で表わされる。

$$J(t, t', t_0) = 1/E_0 + C_0(t, t') + C_d(t, t', t_0) - C_p(t, t', t_0) \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 $1/E_0$ : 切片係数、 $C_0$ : 基本クリープ、 $C_d$ : 乾燥クリープ、 $C_p$ : 乾燥後のクリープの減少を表わす項、 $t$ : コンクリートの枚令、 $t'$ : 持続荷重載荷時の枚令および $t_0$ : 乾燥開始時の枚令、である。

基本クリープは、次式に示す2重べき乗則によって表わされ、セメントの種類、コンクリートの配合および強度等によって決定される。

$$C_0(t, t') = \frac{\phi}{E_0} (t-t')^\alpha (t-t')^n \quad \text{----- (2)}$$

乾燥クリープは、式(1)に示すように、 $C_d$ と $C_p$ の2つに分けて表われ、前者は、従来より一般に理解されている意味での乾燥クリープであるが、後者は、本予測式で導入された新しい概念で、供試体が乾燥されると水分が逸散し、乾燥されない場合よりもクリープが小さくなる、この減少量を考慮するものである。

$$\left. \begin{aligned} C_d(t, t', t_0) &= \frac{\phi_d}{E_0} \cdot t^{\frac{m}{n}} \cdot k_d \cdot E_{sh} \cdot \infty \cdot S_d(t, t') \\ \phi_d &= \left[ 1 + \frac{t-t_0}{10^{2.5} k_d} \right]^{-\frac{1}{2}} \phi_d \end{aligned} \right\} \text{--- (3)}$$

$$C_p(t, t', t_0) = C_p \cdot k_p \cdot S_p(t, t') \cdot C_0(t, t')$$

3. 予測式の適用性と問題点

紙面の関係上、詳しくは説明しなかつたが、式(2)に示す基本クリープは、コンクリートの性質によって決定される。図-1は、配合条件によって、式(1)に示した各ひずみ成分がどのように変化するかを示した例である。また、それらのひずみの和(全クリープ)で示したのが、図-2である。なお、配合計算は、ACIの方法によって行ない、強度と水セメント比の関係は、実験より求めた。

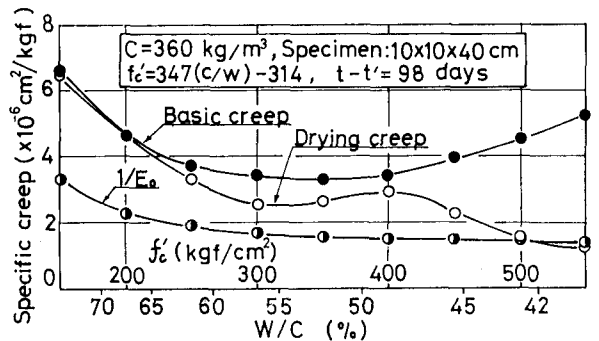


図-1 水セメント比(強度)とクリープひずみ

図-2によれば、セメント量を一定として水量を変化させた場合には、乾燥クリープの影響が顕著であり、水量を一定とした場合には、基本クリープの影響が顕著である。これは、両クリープ成分の機構から考えて妥当な挙動であり、本予測式が、ひずみの生成機構を考慮して導かれたものであることがうかがわれる。すなわち、式(3)に示した乾燥クリープでは、乾燥収縮ひずみの加算( $\epsilon_{sh}$ )、湿度条件の影響( $k_h, k_h'$ )および部材寸法、コンクリート中の水分の拡散係数の影響( $\tau_{sh}$ )等を考慮しており、基礎クリープが、シーパーズ理論によって説明されることを前提としている。図-2に示した実験値と予測値との適合性は、低強度の範囲において若干の相違はあるが、二種の予測式の精度から考え、ほぼ満足すべきものであると思われる。

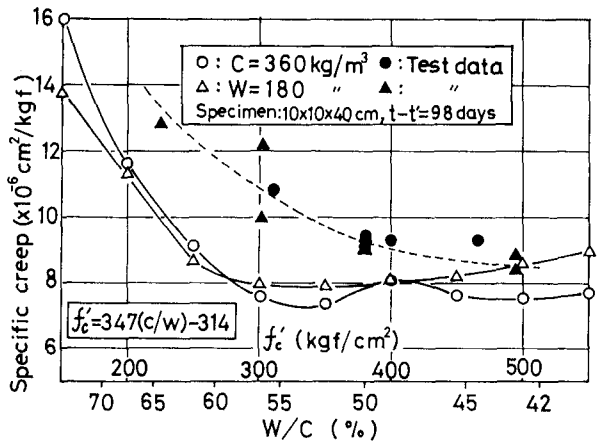


図-2 水セメント比(強度)と全クリープひずみ

図-3は、環境の湿度条件の影響について示したものである。湿度条件は、乾燥クリープに顕著な影響を及ぼす因子であるが、図によれば、若干のばらつきはあるものの、全体としてはきわめてよい適合性を示し、本予測式における評価の方法が適切であることがうかがわれる。

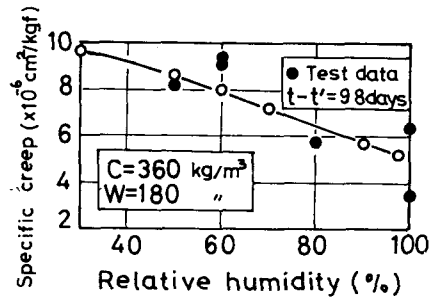


図-3 環境の湿度条件の影響

図-4は、載荷時枚令の影響について示したものである。ごく限られた実験結果ではあるが、きわめて適合性がよく、本予測式における最も大きな特徴の一つである、2重べき乗則(式(2))の導入の妥当性がうかがわれる。

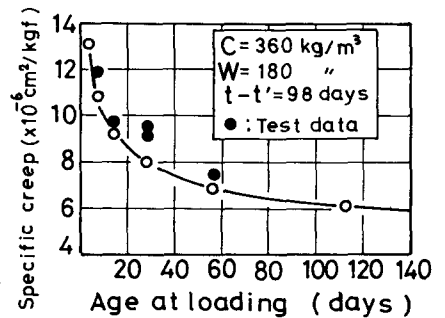


図-4 載荷時枚令の影響

図-5は、部材寸法の影響を示したものである。実験結果が1例しかなく、これだけで論じることはできないが、著者が別に行なった乾燥収縮試験の結果においては、 $V/S$ による部材寸法の影響の評価は適切であり、乾燥クリープと収縮とはその機構がほぼ同一であることを考慮すると、 $\epsilon_{sh}$ による評価の方法が適切であることが推察される。部材寸法の影響は、予測式と実際の構造物のひずみ予測に適用する場合にきわめて重要な問題であり、今後の研究が望まれる。

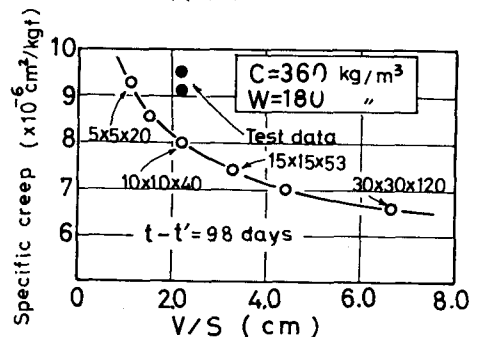


図-5 部材寸法の影響

4. あとがき  
本研究の結果、Bažantによるクリープ予測式は、適用範囲も広く、全体としてきわめて適切な予測式であることがうかがわれた。ただ、基本クリープを決定する配合等の影響についてはわが国の骨材の状況およびコンクリートの特性などを考慮して実験的に検証する必要があると思われる。

#### 4. あとがき

本研究の結果、Bažantによるクリープ予測式は、適用範囲も広く、全体としてきわめて適切な予測式であることがうかがわれた。ただ、基本クリープを決定する配合等の影響についてはわが国の骨材の状況およびコンクリートの特性などを考慮して実験的に検証する必要があると思われる。

#### <参考文献>

1) Z.P. Bažant et al: St. Eng. Report. No 78-3/640S, 1978