

岡山大学 正員 ○ 阪田 憲次
徳島県 “ 久住 武司
鴻池組 中山 桂次

1. 序

コンクリートのクリープは、ポレストレスの減退の原因となり、その適切な予測はきわめて重要な問題である。また、従来の許容応力度設計法から限界状態設計法へと移行しつつある現在、その正しい普及をはかるためには、コンクリートの強度特性のみならず、変形特性についても十分に検討する必要がある。コンクリートのクリープの予測法については、すでに種々の方法が提案され、設計基準等にも採用されているところである。

本研究は、そのうちの、比較的新しく、かつ特色ある予測法をとり上げ、実験的にその適用性を検討するとともに、その有する問題点について論じるものである。すなわち、コンクリートの構成方程式あるいは状態方程式という概念のもとに、クリープの生成機構との関連において導かれた予測法について検討する。

2. コンクリートのクリープひずみの予測法

本研究においてとり上げた予測法は、Bažantの方法¹⁾およびRüschの方法²⁾で、その詳細については文献にゆかり、ここではその概要のみ述べる。Bažantの提案したクリープ方程式の最終的な形は、次式で示される。

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

ここに、 $J(t, t')$ は単位応力当りの変形を表わし、第2項は基本クリープを、第3項は乾燥によるクリープの増加と、第4項は乾燥に伴うコンクリート中の含水率の低下によるクリープの減少を考慮するものである。また、第1項の E_0 は、実際の弾性係数よりも大きな値をもつもので、式(1)は、弾性ひずみおよびクリープひずみを含んだもので、従来のように、両者と明確に分離したものではない。なお、 t 、 t' および t_0 は、それぞれ、コンクリートの打ち、載荷時の打ちおよび乾燥開始時の打ちである。式(1)の各項は、それぞれ、きわめて多くの要因の影響と考慮して決定されるもので、その取扱いは複雑である。

Rüschの予測式は、次式で示されるように、その係数は、図および表より求められる。

$$P_c = 0.4 k_{ci}(t_0 - t_1) + P_{c0}(k_{ct} t_0 - k_{ct} t_1) - 0.4 k_{ci}(t_0 - t_1) \cdot R_{ci}(t - t_1) \quad \text{----- (2)}$$

もちろん、式(2)には、コンクリートのクリープに影響する要因、セメントの種類、環境の湿度、養生温度、部材の寸法、載荷時の打ちおよびコンクリートのコンシステンシーなどが考慮されている。なお、本予測式は、ドイツのPC示方書およびわが国のPC示方書にも採用されている。

3. 実験概要

実験に用いたセメントは、普通ポルトランドセメント（住友セメント）、粗骨材は砕石（最大寸法：20mm）、細骨材は旭川産川砂である。コンクリートの配合は、表-1に示す通りである。供試体の形状、寸法は、図-1に示すもので、打設後24時間型枠内に放置し、脱型後は所定の打ちまで標準水中養生を施した。なお、実験の要因は、表-2に示すものである。供試体は、各打ちに達した時点で、圧縮強度の25%の特許応力を、センターホール型油圧ジャッキを用いて導入した。ひずみの測定は、供試体の相対する2面にあらかじめ設けた合計4組のゲージラグを用い、ホイットモアひずみ計（検長10mm）を用いて行なった。荷重持続期間は100日間で、除荷後50日間の回復クリープを測定した。

4. 結果と考察

図-2は、載荷時打ち56日におけるクリープ～時間曲線を示したもので、若干の例外はあるが、水セメント比が大きくなるほど、クリープが大きくなる傾向がみとめられる。図-2は、載荷時打ちがクリープにおよぼす影

響を示したもので、枚数が若いほどクリープが大きくなる傾向がわかる。

図-4は、実験結果とRüschの予測式による予測値とを、図-5は、実験結果とBažantの予測式による予測値とを比較した例を示したものである。図によれば、Rüschの予測値は、実験値よりもかなり小さい値を予測するが、Bažantの予測値は、ほぼ実験値と一致する。

なお、Bažantの予測値は、弾性ひずみと含んくひずみを表わしている。図-4に示したような差異が生じた原因の一つは、式(2)の ϕ_{50} の値が小さいことに起因する。 ϕ_{50} の値は、コンクリートの環境条件によって決定されるが、その区分は粗く、図-2に示したような水セメント比の相違によるひずみの差を表現することができない。

コンクリートのクリープは、供試体寸法が

大なるほど大きくなる傾向があり、式(2)が対象とする実大構造物と本実験に用いた供試体の寸法とではかなりの差があり、それが図-4の差になったとも考えられる。本実験の範囲で、式(3)を用いて ϕ_{50} を補正して予測した予測と実験値とを比較したのが図-6で、比較的良好に一致する。いずれにしても、Rüschの予測式は、Bažantのそれと比較して取扱いも簡単であり、部材寸法の影響を広く評価できるよう考慮すれば、きわめて有効な予測式であると考えられる。逆に、Bažantの予測式は、本実験程度の供試体のクリープの予測に関しては、きわめて有効であるが、実用性の観点からは、若干の問題がある。 < 参考文献 >

- 1) Z.P. Bažant, L. Panula; Practical Prediction of Time-Dependent Deformation of Concrete, Structural Engineering Report No. 78-3/640 S, 1978年
- 2) H. Rüschら; コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮, (百島祐信訳), 鹿島出版会, 1976年

表-1 コンクリートの配合

C	W	W/C	S/a	S	G
(kg/m ³)	(kg/m ³)	(%)	(%)	(kg/m ³)	(kg/m ³)
180	42.9	43.9	727	1009	
185	44.0	43.5	714	1009	
190	45.2	43.1	702	1009	
195	46.4	42.6	689	1009	
200	47.6	42.2	677	1009	
175	48.6	45.9	786	1009	
180	50.0	45.5	774	1009	
165	51.6	44.0	778	1078	
170	53.1	44.0	773	1070	
175	54.7	44.0	767	1063	
180	56.3	44.0	762	1055	
185	57.8	44.0	756	1048	
170	60.7	45.0	805	1072	
175	62.5	45.0	799	1064	

表-2 実験の要因

Factor	Level
Humidity (%)	60, 100
W/C (%)	42.9 ~ 62.5
Cement (kg/m ³)	280, 320, 360, 420
Age (days)	3, 7, 14, 28, 56

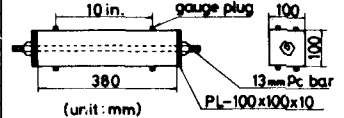


図-1 供試体の形状と寸法

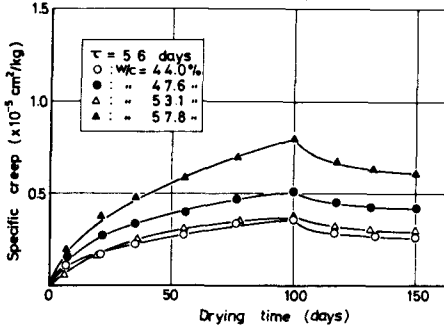


図-2 クリープ時間曲線 (水セメント比の影響)

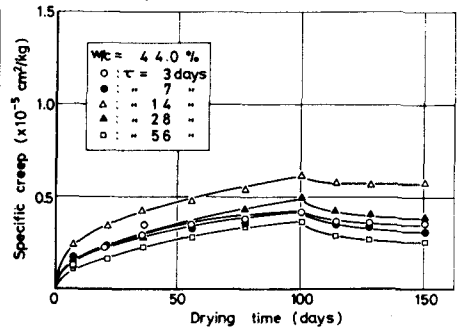


図-3 クリープ時間曲線 (載荷時枚数の影響)

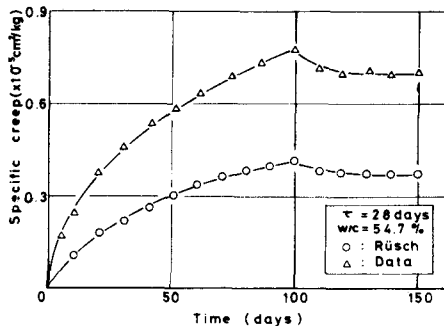


図-4 実験値とRüschの予測値との比較

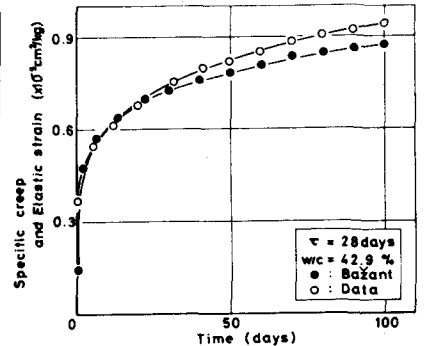


図-5 実験値とBažantの予測値との比較

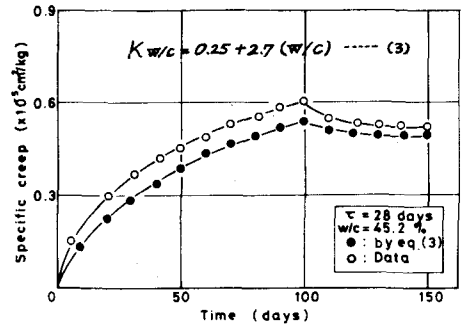


図-6 実験値と修正されたRüschの予測値