

清水建設研究所 ○正会員 小林 晋爾
同 上 正会員 岡田 武二

1. まえがき

プレストレストコンクリート橋（以下 PC 橋）の施工にあたっては、クリープによる変形性状を正しく把握し、施工計画段階で適切な“上げ越し量”を決定しておくことが重要である。一般に変形量の算定には、「平均クリープ係数法」と呼ばれる略算法が用いられるが、特殊な条件下での適用については若干の疑問がある。筆者らは過去、実橋での実測データから、プレストレス導入が夏季でしかも導入時材令が早い場合には、初期材令において顕著なクリープ進行度を示す現象を確認している。⁽¹⁾ 本報告は夏季、急速施工の場合の略算法の適用に関する検討を行なうため、モデル試験体によってクリープ進行度の基礎データを取得し、これをもとに変形量算定を行なって、上記の問題点に関して考察したものである。

2. PC 橋クリープモデル実験

2.1 実験の概要

試験体はボックス断面の PC 橋を対象として実大の約 $\frac{1}{5}$ モデルとした。
コンクリートは普通ポルトランドセメントを使用し、設計基準強度 σ_{CK}
= 350 (MPa) で、PS 導入は圧縮強度 300 (MPa) 以上で行なった。

ボックス断面試験体は、有効部材厚 h_{th} 、PS 導入時材令 t_0 の 2 つを変化させ、材令約 7 ヶ月で除荷し、遅れ弾性ひずみを分離して測定した。

モデル試験体の一覧表を表-1 に、また試験体の形状寸法の一例として、A 試験体について図-1 に示す。

2.2 実測データおよび考察

ボックス試験体のクリープ係数値を、学会推奨値とともに表-2 に、又、A 2 試験体のデータを図-2 に示す。

PS 導入後、約 50 日まではすべての試験体で 20% 程度、推奨値を上回り、約 100 日ではほぼ一致することがわかる。

材令約 7 ヶ月で除荷したときの遅れ弾性クリープ成分を、図-3 に示すが、学会推奨値によるものとよく一致しており、従来から言われている遅れ弾性成分進行度は⁽²⁾、この場合にもあてはまる事が確認できた。

一方、フロークリープ成分を、図-4 に示すが、材令約 50 日までは、20% 程度学会値を上回ることが明らかとなり、クリープ係数が大きくなっている原因は、主としてフロー成分に関連していることが確認できた。

このことから、基本流動係数 φ_{f0} を固定して考えるならば、 $\beta_f(t)$ の値を、この材令において 20% 程度大きく算定しておいた方がよいと思われる。

フロー成分が材令初期において大きくなる原因としては、有効材令 t_f の算定式 $t_f = k_z \cdot \sum \frac{T^\circ C + 10^\circ C}{30^\circ C} \Delta t \cdot t$ の式中、T が夏季の場合、 $T = 55 (^\circ C)$ にも達し、上式の適用範囲外にあるものと考えられる。

	NO.	h_{th} (cm)	t_0 (days)	B_0	備考
ボックス断面 面試験体	A-1	60	7	A01	継続
	A-2	60	5	B01	
	B-1	40	7	A02	除荷
	B-2	40	5	B02	
	A-3	60	7	A02	再載荷
	A-4	60	5	B02	
	B-3	40	7		
	B-4	40	5		

表-1 モデル試験体の種類

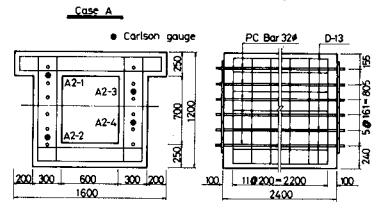


図-1 試験体形状寸法

$t-t_0$ (days)	$h_{th}=60, t_0=5$				$h_{th}=40, t_0=5$			
	A2	JSCE	A2	JSCE	B2	JSCE	B2	JSCE
14	0.60	0.50	1.20	0.70	0.59	1.19		
28	0.79	0.68	1.17	0.90	0.77	1.17		
42	0.92	0.75	1.23	1.11	0.90	1.23		
100	1.02	1.04	0.98	1.24	1.22	1.02		

表-2 クリープ係数

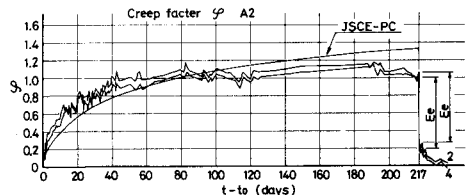


図-2 ボックス試験体クリープ係数

3. クリープ変形量の算定手法

カンチレバー架設による PC 橋の施工時クリープ変形は、主として主桁自重（架設機重量を含む）と、架設ケーブルによるプレストレス力とによるものである。

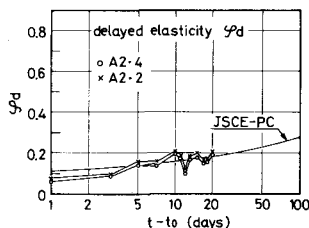


図-3 遅れ弾性成分

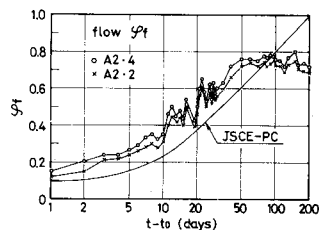


図-4 フロー成分

主桁自重による
クリープたわみは、
厳密式によれば、
⑩節点、⑬節点で
それぞれ、

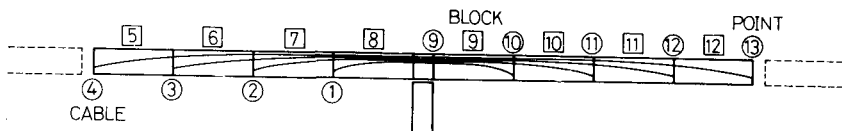


図-5 カンチレバー架設による施工法

$$\begin{aligned} \delta_{10} \varphi \square &= \varphi_{9,10} \cdot \delta_{10[9]} + \varphi_{10,11} \cdot \delta_{10[9] \sim [10]} + \varphi_{11,12} \cdot \delta_{10[9] \sim [11]} + \varphi_{12,j} \cdot \delta_{10[9] \sim [12]} \\ &= \varphi_{9,10} \cdot \int_0^a \frac{M_1 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi_{10,11} \cdot \int_0^a \frac{M_2 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi_{11,12} \cdot \int_0^a \frac{M_3 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi_{12,j} \cdot \int_0^a \frac{M_4 \bar{M}_1}{E_0} dx \quad \dots\dots\dots (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \delta_{13} \varphi \square &= \varphi_{12,j} \cdot \delta_{13[9] \sim [12]} \\ &= \varphi_{12,j} \cdot \int_0^a \frac{M_4 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi'_{12,j} \cdot \int_a^{2a} \frac{M_4 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi''_{12,j} \cdot \int_{2a}^{3a} \frac{M_4 \bar{M}_1}{E_0} dx + \varphi'''_{12,j} \cdot \int_{3a}^{4a} \frac{M_4 \bar{M}_1}{E_0} dx \quad \dots\dots\dots (2) \end{aligned}$$

のように表わされるが、平均クリープ係数法では、

$$\varphi_{9,10} = \varphi_{10,11} = \varphi_{11,12} = \varphi_{12,j} = \bar{\varphi}_1, \quad \varphi_{12,j} = \varphi'_{12,j} = \varphi''_{12,j} = \varphi'''_{12,j} = \bar{\varphi}_2 \quad \text{と仮定し、}$$

$$\varphi_{10} \varphi \square = \bar{\varphi}_1 / E_0 \cdot \left\{ \int_0^a (M_1 \bar{M}_1 + M_2 \bar{M}_1 + M_3 \bar{M}_1 + M_4 \bar{M}_1) dx \right\} \quad \dots\dots\dots (1)'$$

$$\varphi_{13} \varphi \square = \bar{\varphi}_2 / E_0 \cdot \int_0^{4a} M_4 \bar{M}_1 dx \quad \dots\dots\dots (2)'$$

と簡略化して表現される。ここで問題となるのは、厳密法によるものと略算法によるものとの近似性である。

4. クリープ変形量の算定結果および考察

モデル実験で得た基礎データをもとに、夏季、急速施工の場合のクリープ変形量算定結果を表-3に示す。上段には、学会式によるものを示してある。この算定結果より、クリープ変形量は、(1)学会式を用いると、実験値によるものに比べ、30～45%程度大きめに算定する可能性がある。(2)「平均クリープ係数法」の適用については、厳密法に対し、30～60%程度大きく算定する可能性がある。(3)有効部材厚 hth が小さいほど、これらの傾向が著るしいなどの点が明らかとなった。

5. まとめ

PC 橋の架設時クリープ変形量算定にあたって、夏季、急速施工などの特殊な条件下では、平均クリープ係数法による略算法をそのまま用いることには疑問があり、これを修正して用いるか、又は厳密法によることが望ましいと考えられる。また、このような条件下では、フロー成分に関する経時変化係数 $\beta_f(t)$ を補正して用いることが必要であると考えられる。

	J	φ	厳密法 A	平均クリ-プ法 B
hth=60 to=5	⑩	JSCE-PC	1.50 d0	1.27 D1
		実験値 D1	1.22 d0	1.65 d0
	⑬	JSCE-PC	10.4 d0	1.31 D2
		実験値 D2	7.95 d0	12.5 d0
hth=40 to=5	⑩	JSCE-PC	1.62 d0	1.37 D3
		実験値 D3	1.18 d0	1.89 d0
	⑬	JSCE-PC	11.4 d0	1.53 D4
		実験値 D4	7.47 d0	14.2 d0

δ₀; 主桁自重による基準たわみ
算定条件: 普通セメント使用
1ブロック 14日施工

表-3 クリープ変形量

- 参考文献 (1) 「プレストレストコンクリート橋のクリープ実測」 第34回土木学会年次講演会 小林
(2) 「コンクリート構造物のクリープと乾燥収縮」 H・リュッシュ 百島訳 鹿島出版会