

I-109

コンクリート充填鋼管柱のクリープおよび乾燥収縮に関する実験的研究

大阪市立大学 正会員 中井 博
 (株)春本鐵工所 正会員 ○Luiza H. Ichinose

大阪工業大学 正会員 栗田 章光
 大日本コンクリート 正会員 法堂 英記

1. まえがき

最近、鋼とコンクリートとの両者の特性を活かし、剛度・耐荷力・ダクティリティーが大きいなどの優れた特性を有するコンクリート充填鋼管柱が構造部材としてよく利用されるようになってきた。しかしながら、まだ解決すべき問題点も多く、中でも、クリープおよび乾燥収縮に関してのデータは、まだほとんど見当たらないのが現状である。ここで、本研究は、これらの現象の基本的な事項を明らかにするため、一連のクリープ実験を行うことにし、同時に乾燥収縮に関する実験も行った。さらに、簡単なレオロジーモデルを用いて、コンクリート充填鋼管柱のクリープ係数を推定することにより、応力および、ひずみの経時挙動を予測することを試みた。

2. 実験方法

実験では、表-1に示す供試体に持続荷重を長期にわたって載荷し、荷重および、ひずみの実測を行った。供試体の断面形状は、円形および角形の2種類とし、そのうち、角形断面については、突起有無の影響も調べることにした。構造的には、合成・非合成断面の挙動について調べた。同時に、それぞれの供試体を無載荷状態とした乾燥収縮に関する実験も行い、これによるひずみをクリープ実験の実測結果から差し引いたものを、純クリープひずみとみなした。

表-1 供試体の種類

項 目	寸法 (mm)	板厚 (mm)	突起 有無	作用応力 (kgf/cm ²)	載荷断面	供試体名
円形	コンクリート 柱	φ 156.2	—	60	コンクリート面	CR-60-0
			—	80	コンクリート面	CR-80-0a
			—	80	コンクリート面	CR-80-0b
			—	80	コンクリート面	CR-80-0c
			—	80	コンクリート面	CR-80-0c
	コンクリート 充 填 鋼 管 柱 (STK400)	φ ext 165.2	4.5	無	コンクリート面	CR-C-60-4.5
				無	コンクリート面	CR-C-80-4.5
				無	鋼管面	CR-S-80-4.5a
				無	鋼管面	CR-S-80-4.5b
				無	合成面	CR-V-80-4.5a
		5.0	5.0	無	合成面	CR-V-80-4.5b
				無	コンクリート面	CR-C-60-5
				無	コンクリート面	CR-C-80-5
				有	コンクリート面	CR-C-60-0R
				有	コンクリート面	CR-C-60-45RO
角形	コンクリート 充 填 鋼 管 柱 (STKR400)	150 x 150	4.5	無	コンクリート面	CR-C-60-45RD
				有	コンクリート面	CR-C-60-45RD
				有	合成面	CR-V-60-45RO
				有	合成面	CR-V-60-45RD
				有	合成面	CR-V-60-45RD

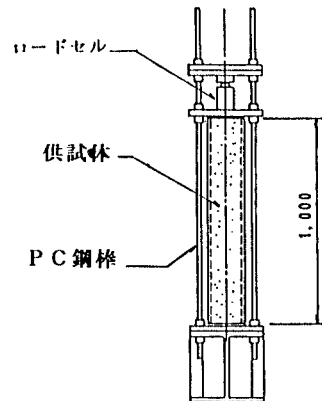
* コンクリート材料: $\sigma_{ck}=300\text{kgf/cm}^2$ 

図-1 コンクリート充填鋼管柱のクリープ実験用供試体

図-1に示すように、荷重はP C 鋼棒によって載荷し、作用荷重の変動はロードセルによって計測された。充填コンクリートのひずみは、供試体内の埋込型ひずみ計により計測され、鋼管のひずみは鋼管中央部の表面に貼付された2軸ひずみゲージによって計測された。

3. 解析モデル

解析モデルとして、図-2に示すKelvinモデル¹⁾を用いた。このモデルの応力・ひずみ関係は、次式のように表される。

$$E_{c1}\varepsilon(t) + \eta \frac{d\varepsilon(t)}{dt} = \sigma(t) \quad \dots(1)$$

ここに、 E_{c1} : バネ要素の弾性係数、 η : ダッシュポットの粘性係数、 $\sigma(t)$: 応力、 $\varepsilon(t)$: ひずみである。

$$\text{荷重 } P(t) \text{ を、 } P(t) = P_0 \{ \alpha + (1 - \alpha) e^{-kt} \} \quad \dots(2)$$

と仮定し、(1)の方程式を解くと、ひずみ $\varepsilon(t)$ は、次のように表される。

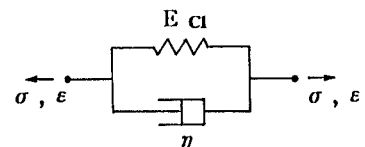


図-2 Kelvinモデル

$$\varepsilon(t) = \frac{\sigma_0}{E_{c1}} \left\{ \alpha (1 - e^{-\beta t}) + \frac{1 - \alpha}{1 - \kappa / \beta} (e^{-\kappa t} - e^{-\beta t}) \right\}, \quad \beta = \frac{E_{c1}}{\eta} \quad \dots (3)$$

上式は、荷重がリラクセーション的に最終的に αP_0 になるとして導かれた式であり、一定の荷重 P_0 が作用するときの純粋なクリープひずみを求めるには、式(3)を、時刻 $t = \infty$ におき、最終クリープひずみ ε_∞ を $1/\alpha$ 倍しなければならない。

4. 実験結果

4. 2 乾燥収縮

各供試体で測定した乾燥収縮量については、鋼管柱内のコンクリートの乾燥収縮ひずみは、コンクリート柱の乾燥収縮ひずみの約9%で、 28×10^{-6} しか発生しなかった。この値は、かなり小さく、設計を行う際、無視してもよいと考えられる。

4. 1 クリープ

(1) パラメーター同定結果： 応力および、ひずみの経時挙動を数理的に処理したとき、同定式は、いずれも指数関数を含んでおり、原式のままの形での解式は、著しく煩雑な陰関数を含んだ連立方程式となる²⁾ため、ここでは、コンピューターを用いて、各種パラメーターを逐次近似法によって同定した。実測値と同定された曲線の一例を示した図-3によると、両者がよく一致していることがわかる。

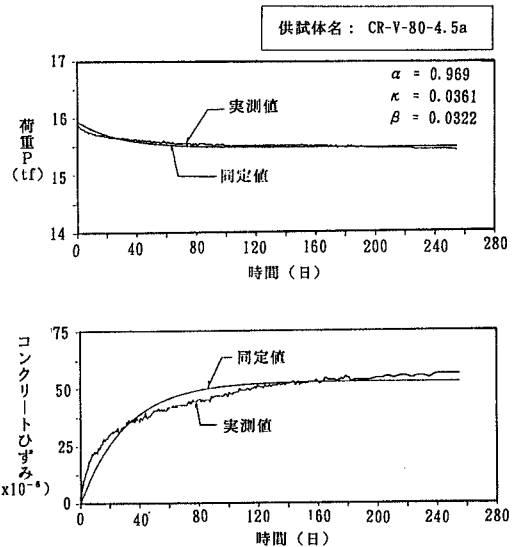


図-3 同定結果の一例

(2) クリープ係数： 上述から、クリープ係数 ϕ は、次式によって定めることができる。

$$\phi = (1/\alpha)(\varepsilon_\infty/\varepsilon_{e1}) = (1/\alpha)\phi_0 \quad \dots (4)$$

ここに、 ϕ_0 ：荷重低減を考慮しないクリープ係数、 ε_{e1} ：初期弾性ひずみである。

このように求められたクリープ係数とコンクリート標準示方書・設計編³⁾によるクリープ係数 ϕ を表-2 で比較している。

表-2 クリープ係数 ϕ の同定結果

供試体名	ε_{e1} ($\times 10^{-4}$)	ε ($\times 10^{-4}$)	ϕ_0	$1/\alpha$	ϕ	コンクリート 標準示方書
円形	CR-60-0	592	542	0.92	1.37	1.26
	CR-80-0a	474	424	0.89	1.41	1.25
	CR-80-0b	494	372	0.75	1.41	1.06
	CR-80-0c	739	676	0.91	1.28	1.16
	CR-C-60-4.5	148	55	0.37	1.04	0.39
	CR-C-80-4.5	227	91	0.40	1.04	0.42
	CR-S-80-4.5a	65	4	0.06	1.01	0.06
	CR-S-80-4.5b	68	10	0.15	1.01	0.15
	CR-V-80-4.5a	161	53	0.33	1.03	0.34
	CR-V-80-4.5b	162	39	0.24	1.03	0.25
	CR-C-60-5	136	54	0.40	1.04	0.41
	CR-C-80-5	166	69	0.42	1.05	1.44
角形	CR-60-0R	744	652	0.87	1.33	1.16
	CR-C-60-450R	248	154	0.62	1.07	0.66
	CR-C-60-45DR	134	54	0.40	1.05	0.42
	CR-V-60-450R	146	72	0.49	1.04	0.51
	CR-V-60-45DR	132	23	0.17	1.05	0.18

5. 結論

鋼管柱内のコンクリートの乾燥収縮ひずみは、コンクリート柱の乾燥収縮ひずみよりかなり小さく、設計上、無視してよいと考えられる。実験値より求めた充填コンクリート鋼管柱のクリープ係数は、コンクリート標準示方書による値の0.2～0.4倍程度で、通常設計で使用する値よりかなり小さいものである。

参考文献

- 1) Flugge, W.: Viscoelasticity, Second Revised Ed., Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, 1975.
- 2) Nakai, H., Kurita, A., and Ichinose, L. H.: An Experimental Study on Creep of Concrete Filled Steel Pipes, Proceedings of the 3rd International Conference on Steel-Concrete Composite Structures, pp.55 ~ 60. Fukuoka, Japan, Sept., 1991.
- 3) 土木学会：コンクリート標準示方書・設計編、技報堂、1986.