

N-93 粘弾性モデルを用いたコンクリートのクリープに関する一考察

九州大学 工学部 正員 水野 高明
九州大学 工学部 正員 渡辺 明
九州大学 大学院 学生員 石川 達夫

1. まえがき

コンクリートの時動的挙動が Maxwell, Kelvin モデルで表わされることは今まで述べられてきている。セメントの種類を変えて、コンクリートの圧縮強度の 35% 程度の圧縮持続荷重を載荷したコンクリートのクリープ試験を当実験室で行なったが、その測定結果に粘弾性モデルを用いてコンクリートのクリープの数式化を試みてみた。

2. 試験方法および結果

セメントは 1 種高炉セメント, 2 種高炉セメントおよびポルトランドセメントの 3 種類を用い, 単位セメント量を 300 kg とスラングが 10 cm ぐらいになるように配合を決めた。配合および 28 日圧縮強度を表-1 に示す。供試体寸法は $\phi 20\text{cm} \times 40\text{cm}$ で供試体中央にカーレンソノビずみ計を埋設しコンクリートの変形を測定した。材令 28 日の供試体に 75kg/cm^2 の荷重を載荷しこの荷重を持続した。持続荷重載荷装置を図-1 に示す。クリープひずみは時間的变化による全変形から同条件で打設, 養生した非載荷供試体の変形(収縮)を差引いて求めた。平均温度 20°C , 平均湿度 90% の部屋で約 500 日間測定を行なった。測定結果を図-2 破線を示す。

セメントの種類	単位量 kg	単位量 kg	水セ $\%$	単位量 kg	単位量 kg	スラング cm	28 日圧縮強度 kg/cm^2
1 種高炉	195	300	65	707	1090	9.7	208
2 種高炉	195	300	65	705	1087	10.8	209
ポルトランド	195	300	65	712	1097	11.0	187

表-1

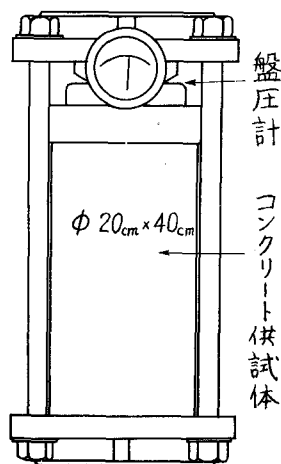


図-1

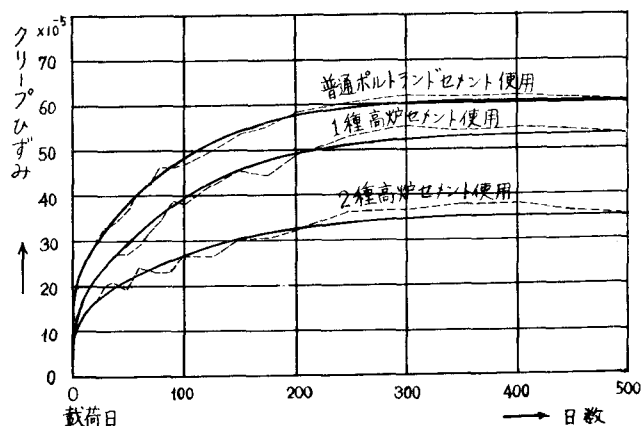


図-2

3. 粘弾性モデル

コンクリートは骨材の粒子を高粘弾性体であるセメントペーストで固めたものである。セメントペーストの結晶化が進むにつれて粘性は増加して行く。粘弾性モデルとして図-3に示すように Maxwell, Kelvin モデルの直列に結ばれたものを考えてみる。コンクリートのクリープは最終的にはひずみ速度が0になることから推して Maxwell モデルのダッシュポットの粘性係数を

$$\lambda_M = \lambda_0 e^{-Kt} \quad (1)$$

とくと、一定荷重の下で式(2)を得る。

$$\dot{\epsilon} + \frac{1}{\tau_K} \epsilon = \left(\frac{1}{\tau_K} - k \right) \frac{\sigma_0}{\lambda_0} e^{-Kt} \quad (2)$$

ϵ : クリープひずみ $\times 10^{-5}$
 λ_M : Maxwell モデルのダッシュポットの粘性係数 $\text{kg-day/cm}^2 \times 10^6$
 E_M : " " " " の弾性係数 $\text{kg/cm}^2 \times 10^4$
 λ_K : Kelvin モデルのダッシュポットの粘性係数 kg-day/cm^2
 E_K : " " " " の弾性係数 kg/cm^2
 $\tau_K = \lambda_K / E_K$: Kelvin モデルの遅延時間 day
 t : 時間 day
 k : 定数 day^{-1}
 σ_0 : 載荷時の載荷応力 kg/cm^2

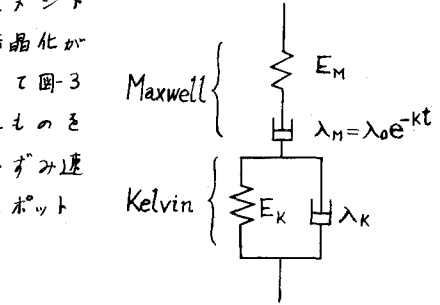


図-3

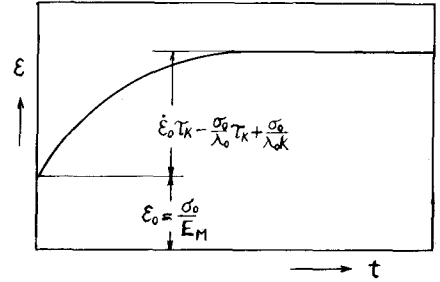


図-4

式(2)を解いて式(3)および図-4を得る。

$$\epsilon = \epsilon_0 + \tau_K \left(\dot{\epsilon}_0 - \frac{\sigma_0}{\lambda_0} \right) (1 - e^{-\frac{t}{\tau_K}}) + \frac{\sigma_0}{\lambda_0 k} (1 - e^{-Kt}) \quad (3)$$

セメントペーストの粘性流動および骨材、セメント結晶より成る組織の弾性変形をセメントペーストが拘束することより生ずる遅延弾性は短時日に終るものと考えられ式(1)の k の値を 1.4 と仮定する。この値は載荷荷重、コンクリートの載荷時の枚令などにより異なってくるものと考えられるが、本実験の場合後述するように実験値とよく一致しこの仮定は妥当であると思われる。載荷時の供試体の弾性変形より E_M の値は求まり、図-2の測定結果よりそれぞれのコンクリートの λ_0, τ_K を求め表-2

に示す。載荷時の供試体の弾性変形を考慮に入れなければクリープ式は式(4)で表わされる。

1種高炉セメント使用

$$\epsilon = 41.5 (1 - e^{-0.012t}) + 11.1 (1 - e^{-1.4t})$$

2種高炉セメント使用

$$\epsilon = 27.8 (1 - e^{-0.042t}) + 9.7 (1 - e^{-1.4t})$$

ポルトランドセメント使用

$$\epsilon = 42.0 (1 - e^{-0.011t}) + 19.0 (1 - e^{-1.4t})$$

(4)

セメントの種類	$E_M \times 10^4 \text{ kg/cm}^2$	$\lambda_0 \times 10^6 \text{ kg-day/cm}^2$	$\tau_K \text{ day}$
1種高炉	17.1	0.484	83.3
2種高炉	15.8	0.551	71.4
ポルトランド	18.1	0.283	90.9

表-2

(4)より得た値を図-2に実線で示す。粘弾性モデルを用いて求めたクリープ値と実験結果とはよく一致し、コンクリートのクリープ挙動を粘弾性モデルを用いて説明することゝできると考えられる。