

東北学院大学 正会員 松本英信

東北大学 学生員 ○日野祐滋

東北大学 学生員 佐藤 誠

1 まえがき

RC静定構造物が部材の断面に一樣な或は直線的に変化するような温度変化をうけた場合、各部材には温度変化量に相当する変位を生じるが温度応力は起こらない。しかし、RC不静定構造物の場合には温度変化による自由な伸縮が拘束されているので温度変化により温度応力を生じ、またRC静定構造物の場合でも部材の断面に直線的でない温度変化をうけたときには温度応力を生じる。

RC構造物の温度応力に対する安全性を検討する場合、普通はRC構造を純粋な弾性体と仮定し弾性理論により計算した温度応力を用いておこなわれる。しかし、弾性理論による温度応力が実際のRC構造物の温度応力と近い値を示すのは温度変化をうけた直後だけであり、その後はコンクリートのクリープやリラクセーションの進行によって弾性理論による値とは相当異なる温度応力になっていくものと思われる。ほとんどのRC不静定構造物は四季の温度変化により温度応力を生じるが、この値を弾性理論で計算した場合とクリープやリラクセーションの影響を考慮した場合とでは相当異なる結果が得られるものと思われる。

この研究は、コンクリートのクリープやリラクセーションの影響を考慮したRC構造物の温度応力の計算方法について述べたものであり、(1)変位を一定に固定したRC部材における温度応力の時間的な推移、(2)四季の温度変化をうけるRC不静定構造物にクリープを考慮した場合の温度応力、について述べたものである。

なお、温度応力の弾性理論による解とクリープ関数はあらかじめ解っているものとする。

2 クリープ関数

クリープ関数としてCEB基準案(1975年)を使用した。この基準案は従来クリープと呼ばれていたものを遅れ弾性変形と塑性変形に分離したところに特色があるが、ここでは式の誘導の都合上、クリープとして塑性変形の部分だけを使用した。この結果、クリープ関数はホイットニーの法則を満足するものとなった。載荷材令 τ 、任意の材令 t とするとクリープ関数は、

$$\phi(t, \tau) = \phi_0 [\beta_f(t) - \beta_f(\tau)] = F(t) - F(\tau)$$

である。 ϕ_0 、 $\beta_f(t)$ は右グラフに描かれてある。また、 $\rho_{tk} = \lambda \frac{A_c}{u}$ (仮想厚)

A_c :コンクリート断面積 u :大気と接する周長

3 クリープ弾性体の温度応力

純粋な弾性体として求めた温度応力を、 $\sigma_x(t)$ 、 $\sigma_y(t)$ 、 $\sigma_z(t)$ 、……、 $\sigma_{ij}(t)$ 、ク

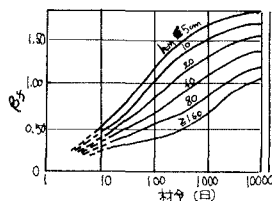
リープ弾性体として求めた温度応力を、 $\sigma_x^*(t)$ 、 $\sigma_y^*(t)$ 、 $\sigma_z^*(t)$ 、……、 $\sigma_{ij}^*(t)$ とおくと、これらの間に次のような関係式が成り立つ。 $\delta(t, \tau)$ は、材令 τ で単位応力を載荷したときの材令 t における全変形量である。

$$\sigma_x^*(t) = \sigma_x(t) + \int_{\tau}^t \sigma_x^*(\tau) \frac{\partial}{\partial \tau} E(t) \delta(t, \tau) d\tau \quad (1)$$

クリープがホイットニーの法則を満たすものとしたから、 $\delta(t, \tau) = \frac{1}{E(\tau)} + \frac{F(t) - F(\tau)}{E_{c28}}$ であり、この式を(1)に代入し、 $E(\tau) = E_{c28} = \text{定数}$ とすると次の結果を得る。

$$\sigma_x^*(t) = e^{-\{F(t) - F(\tau)\}} \left\{ \sigma_x(\tau) + \int_{\tau}^t \sigma_x^*(\tau) e^{\{F(t) - F(\tau)\}} d\tau \right\} \quad (2)$$

周囲の環境	相対湿度 (%)	係 数		入	
		クリープ ϕ_0	素直な弾性 $\beta_0(t)$		
1	2	3	4	5	
水	中	—	0.8	+10	60
非常に湿った大気	90	1.3	—10	—10	10
一般の屋外	70	2.0	—20	—20	3
乾燥した大気 いなかの室内	40	3.0	—40	—40	2



4 考察

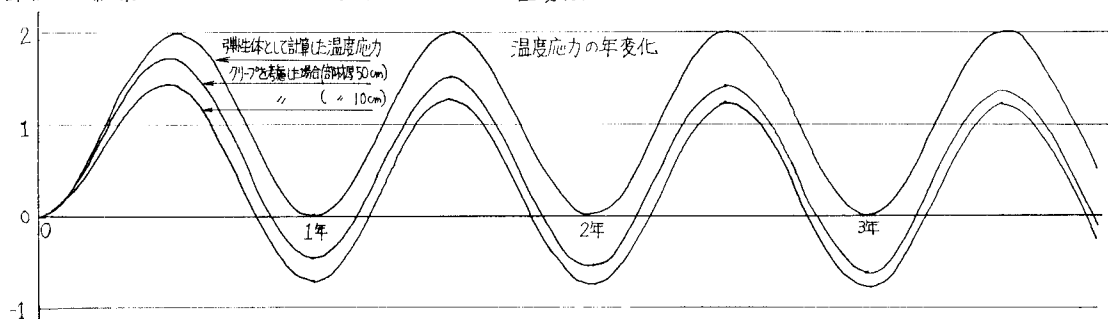
(1) 両端の変位を拘束してある R.C 部材が、任意の材令に部材全体に一樣な温度上昇をうけたような場合は、式(2)で $\sigma_x(x) = 0$ であるから、

$$\sigma_x^*(x) = \sigma_x(t) e^{-\{F(x)-F(t)\}} \quad (3)$$

$\sigma_x(t)$ は温度上昇をうけた直後の温度応力と弾性応力に等しい。 $F(x)-F(t)$ は載荷材令 t のとき材令 x でのクリープ係数であり、 $e^{-\{F(x)-F(t)\}}$ は応力の減衰を表わす係数である。この係数の値の具体的な例として、湿度 70%、材令 20 日で一樣な温度上昇を与えたとして係数の値を計算した結果を右表に示す。この表によれば、応力減衰の速さは部材が厚い程遅く、減衰した応力の最終値は初期応力の 0.1~0.2 程度であることがわかる。

厚さ(cm) 材令(t)	30	60	120
20	1	1	1
40	0.97	0.84	0.87
80	0.55	0.66	0.73
200	0.33	0.47	0.57
400	0.21	0.29	0.40
600	0.20	0.27	0.36
1000	0.18	0.24	0.33
∞	0.11	0.14	0.16

(2) R.C 構造物を純粋な弾性体として温度応力を考えるとき、もしコンクリートを年平均気温の時期に打設すれば冬と夏には同じ大きさの圧縮応力と引張応力が交互に繰り返され、もし冬又は夏に打設した場合には年平均気温のときに打設したものの 2 倍の温度応力を生じることになる。したがって、R.C 構造物の温度応力に対する安全性を検討する場合には、コンクリートの打設時期が重要な問題となる。一方、クリープを考慮すれば、初期材令に大きなクリープを生じるので、打設時期がいつでも大体年平均気温で打設した場合と同様な温度応力をうけるようになるとされている。そこで、打設時期の問題にクリープがどれだけ影響を及ぼしているかを検討するために、夏又は冬に打設した R.C 構造物が湿度 70%、材令 20 日で温度応力をうけはじめのものとして式(2)に基づいて計算した結果を下のグラフに示す。なお、一年間の温度変化は SIN 曲線で近似した。



このグラフから、(1) 打設後初期材令ではクリープにより温度応力は大きく変化するが、打設後半年以上経過するとクリープを考慮しても年間の温度応力の振幅は弾性理論による場合とあまり変わらない。(2) 打設してから数年経過すると、打設時期にかかわらず年平均気温で打設した場合と同様な温度応力をうけるようになる。(3) 冬又は夏に打設した場合には半年後の夏又は冬に最大の温度応力をうける。特に部材が厚い程クリープの進行速度が遅いので大きな温度応力をうける。と考えられる。

5 あとがき

この研究の目的は R.C 構造物の温度応力に対する安全性をクリープを考慮した場合について検討することであるが、この研究の結果から考えると、R.C 構造物の温度応力に対してはクリープを考慮してもそれほど安全性に差はないように思われる。むしろ温度応力のように変位によって生じる応力の場合には、コンクリートの極限状態における応力-歪挙動とか、ひびわれによる部材の剛性の変化等の方が安全性に大きな影響を与えているのではないかとと思われる。今後は、温度応力に対するクリープの影響の他に、これらの因子が温度応力に与える影響についても研究していきたいと思う。

<参考文献> Arutyunyan "Some Problems in the Theory of Creep in Concrete Structure"