

電力中央研究所 正員 青柳征夫

" 正員 〇川崎道夫

1. まえがき

本研究は、プレストレストコンクリート（PC）部材の90℃以下の高温下における基本的なクリープ性状を明らかにすることを目的とし、PCはりに温度勾配とともに一定の変形または外力モーメントを与えモーメントまたは変形の時間的な推移を実験的に求め、Step-by-Stepによる解析結果と比較し、検討したものである。

2. 供試体および試験方法

実験に用いた供試体は、全長380cmで端部にアンカーブロックをもち、中央部の長さ220cmの区間に溝型ゴムを取り付け、これに温水と冷水を通してはりに温度勾配を与えるようにした（図-1）。供試体はりの端部にI型鋼をPC鋼棒によって緊結し、はりとともに関脚ラーメンをつくり、I型鋼脚部に配置した $\phi 10$ mm PC鋼棒を緊張することによってはりにモーメントを作用させた。2個の供試体を試験に供したが、一つは、はりに生ずる曲げ変形を打ち消すようにモーメントを与え他の一つでは、一定のモーメントを継続させ、はりのたわみ変化を求めた。前者および後者のはりの高さはそれぞれ40cm、20cmであって、それぞれ $\phi 12$ mm PC鋼棒4本および2本によって約70%のプレストレスが軸方向に与えられている。温度勾配の与え方は図-2に示すとおりである。コンクリートの圧縮強度は材令28日で約450 kg/cm^2 、熱膨張係数は $8.0 \times 10^{-6}/\text{C}$ 、骨材の最大寸法は20mmである。

3. 実験結果とその考察

解析方法 クリープ解析の基本的な手法については、いくつかの方法について検討を行ったが、考えている時点以前のクリープひずみ履歴をも考慮できる“ひずみ硬化法”（Strain hardening^{1),2)}を用いるのが合理的であることが明らかになった。クリープひずみと、弾性係数は各種温度における一軸圧縮クリープ試験

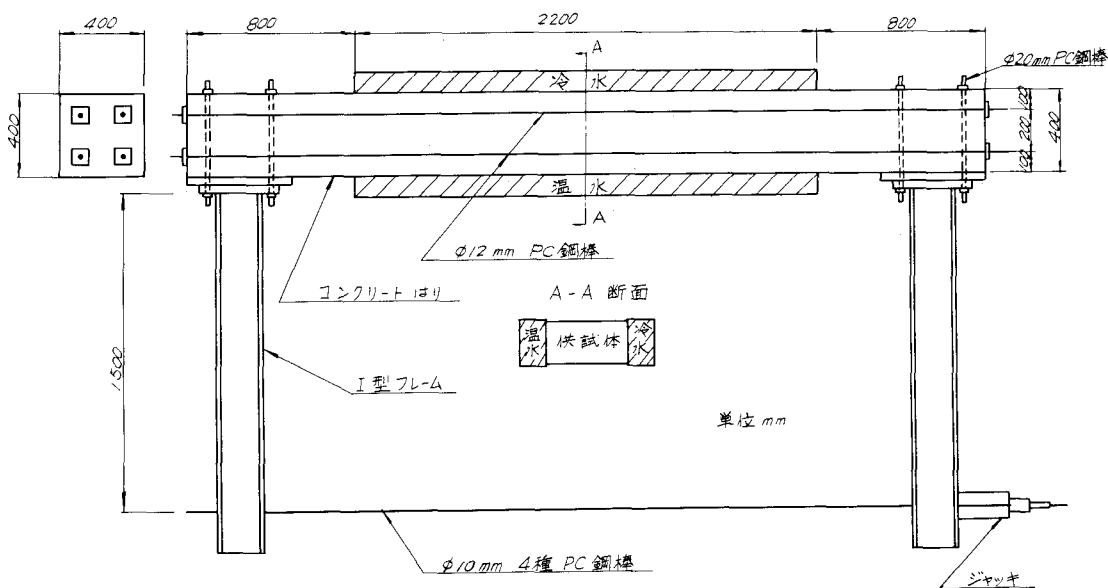


図-1 供試はり試験方法

結果に基づき，

$$\epsilon_c = 0.0494 \cdot \sigma \cdot T \cdot \log(t+1)$$

$$E(T) = 3.0 \times 10^5 (-0.0000103 T^2 - 0.00423 T + 1.088)$$

ここに

ϵ_c ; クリープひずみ ($\times 10^{-6}$)

$E(T)$; 温度 T における弾性係数

σ ; 応力 (MPa)

T ; 温度 ($^{\circ}\text{C}$)

t ; 載荷後の材令 (日)

によってあらわされるものとした。高さ 40 cm のはり

では，20 個の要素に，また高さ 20 cm のはりでは，

10 個の要素に断面を分割し平面保持の仮定の下に温度上昇ごとにまたは時間を区切り，Step-by-Step 法を用いて，電子計算機で解析を行ない，はりのたわみ，拘束モーメント，応力分布等を求めた。なおひずみ硬化法の適用に際しては，時間 \times 温度の積が一定であればクリープひずみが一定であるという仮定を設けた。

実験結果と計算値の比較 図-3 は，はりの曲げ変形を拘束するのに必要な PC 鋼棒の荷重変化の実験値と計算値を示したもので，上述の解析方法が妥当なものであったことをあらわしている。温度上昇の過程においてすでにかなりのクリープの影響が認められ，65 $^{\circ}\text{C}$ の温度勾配を持続した後は，拘束力がほとんどなくなり，温度応力が消滅している。また，温度を降下させた後は，逆方向の大きな拘束力が必要となっている。とくに弾性理論値とは著しい相違をみせており，高温下におかれた PC 部材の挙動を精度よく推定するには，クリープならびに弾性係数の温度による変化を考慮することが不可欠であるといえる。

図-4 は，拘束モーメントから求めたはり断面の応力分布を求るもので，長期間温度勾配を持続してから冷却を行なうと，きわめて大きな応力が残留しており，その絶対値は，温度勾配が最大となった直後よりは

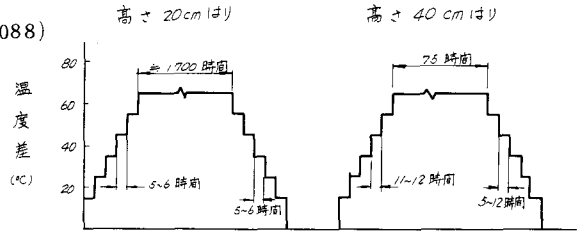


図-2 温度上昇下降サイクル

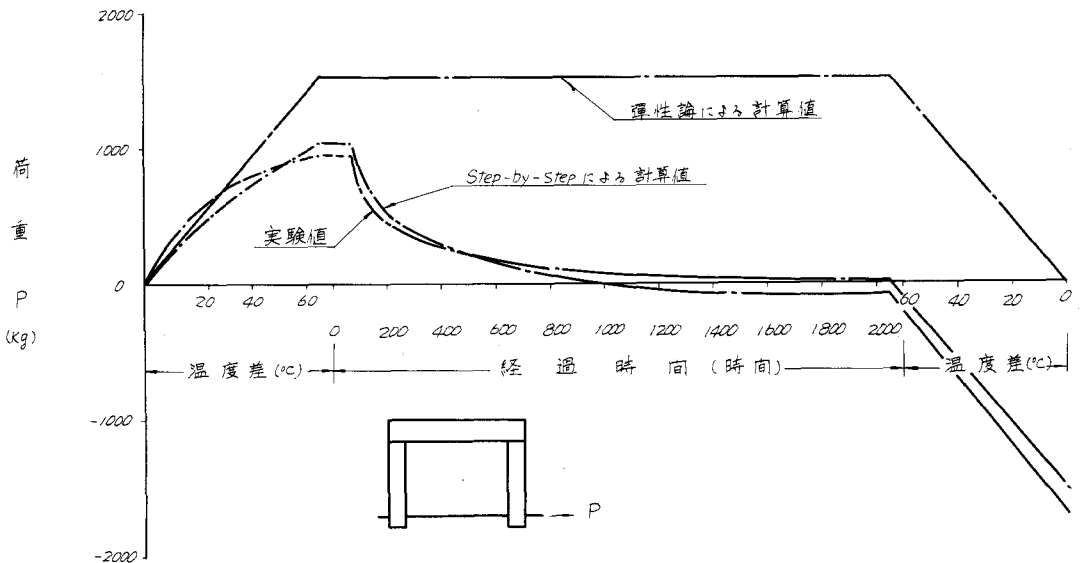


図-3 変形を一定にしたときの荷重変化(P)

むしろ大きな値となっている。このことは、実際の压力容器などの構造物においてプレストレスが適正に導入されていないと、炉停止時に内面にひびわれが入る恐れのあることを示唆するものである。図-5は、荷重を一定としたときのたわみ変化を示したもので、上述のクリープ解析法による計算値が実験値を若干下廻っているが、両者は比較的良好に一致しており、この場合にも、ひずみ硬化法を基本とするクリープ解析法がPCはりのたわみ変化を推定するのに有力な手段であることが確かめられた。

一般にPC部材では、応力一定または変形一定の条件の間にあるものと考えられるので上述のクリープ解析法の適用性は大きいものと思われる。

4. あとがき

以上の結果から、温度と荷重を受ける構造物の解析を行うにあたって、温度上昇時の各ステップにおいて各々のエレメントについて時間間隔を修正しなければならないという煩雑さはあるが、Step-by-Stepによるひずみ硬化法が有力な手段であることが認められた。

本報告では、比較的単純なはり部材に、ひずみ硬化法を適用した結果について述べたが、現在、さらに複雑な構造物への同様の手法を適用することを検討している。

参考文献

1) G.L. ENGLAND

“Numerical creep analyses applied to concrete structure”
Journal of ACI June 1967.

2) 青柳・他

“温度勾配を与えたプレレストコンクリートはりに関する実験的研究”
電研報告書 1970.8

(冷水面)

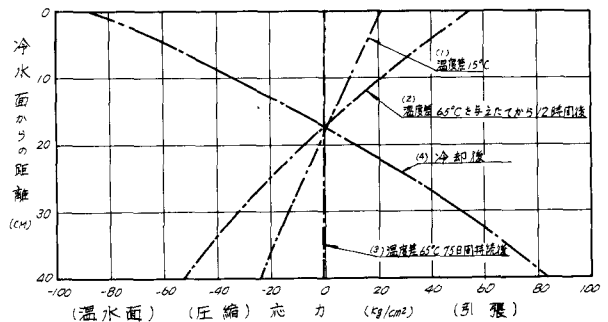


図-4 変形が拘束されたはりの応力分布
(プレストレスによる応力を除く)

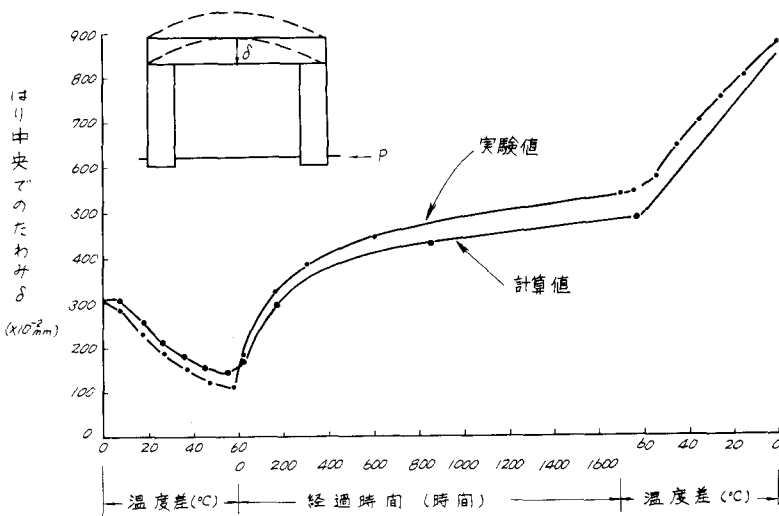


図-5 はりの最大たわみ変化