

多径間高架構造の温度変化によるクリープの解析

大阪工業大学 正員 岡村宏一 東洋技研コンサルタント 正員 石川一美
東洋技研コンサルタント 正員 島田 功 同上 正員 田中昭博

1. まえがき：伸縮継手の弱点（走行性，騒音，振動，維持補修などの問題）に対処するため，最近，多径間高架構造が注目されてきた。すでに指摘されているように，多径間構造においては温度変化による影響が大きい。ここでは，スラブ橋を対象に，クリープによる応力緩和を考慮した温度応力の解析法と若干の計算結果を報告する。橋脚の拘束による温度応力の分布は，橋脚や地盤の剛性によって変化するが，一方，コンクリートのクリープも打設後1,2年で大きく進み，年周期の温度応力履歴に影響を与えることが考えられる。なお，橋脚頭部はピン結合とし，スラブに生じる曲げ変形は無視した。計算例に示した支承型式（支承の幅）と考えた支保解析の結果は，比較的大形の板要素を用い，棒理論の値を概算値とする応力分配法¹⁾によって行なったものである。

2. 解析法：高架橋の温度変化は，外気温の変化と等しいと考え，春秋において年平均温度 θ_0 とし，1年を周期とする正弦的な変化 $(\theta_0 \sin 2\pi x \text{ 年})$ で与え，コンクリートのクリープ特性は $\varphi(x) = \varphi_0(1 - e^{-\beta x})$ で与えられるものとする。これは時間の関数となるため，微小時間間隔（追跡ステップ） Δx での変化量に関する式を以下にまとめる。なお，簡単のためコンクリートのヤング率 (E) ，ポアソン比 (ν) は一定とする。

Δx 間にスラブに生じるひずみの変化量は次式で与えられる。

$$\Delta \epsilon = \Delta \epsilon_a + \Delta \epsilon_e + \Delta \epsilon_c \quad \text{----- (1)}$$

ここに， $\Delta \epsilon_a$ は温度変化による自由膨張ひずみ， $\Delta \epsilon_e$ は橋脚の拘束による弾性ひずみ， $\Delta \epsilon_c$ はクリープひずみである。式(1)の弾性ひずみより，応力の変化量は，

$$\Delta \sigma = D \cdot \Delta \epsilon_e = D \cdot (\Delta \epsilon - \Delta \epsilon_a - \Delta \epsilon_c) \quad \text{----- (2)}$$

となる。ここに， D は応力-ひずみマトリックスである。よって応力の釣合式は次式となる。

$$\left. \begin{aligned} \frac{Eh}{1-\nu^2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (\Delta \epsilon_x + \nu \Delta \epsilon_y) + \frac{Eh}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\partial^2 \Delta y}{\partial x^2} &= \frac{Eh}{1-\nu} \cdot \frac{\partial \Delta \epsilon_a}{\partial x} + \frac{Eh}{1-\nu^2} \cdot \frac{\partial}{\partial x} (\Delta \epsilon_c + \nu \Delta \epsilon_y) + \frac{Eh}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\partial^2 \Delta y_c}{\partial x^2} \\ \frac{Eh}{1-\nu^2} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (\Delta \epsilon_y + \nu \Delta \epsilon_x) + \frac{Eh}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\partial^2 \Delta y}{\partial y^2} &= \frac{Eh}{1-\nu} \cdot \frac{\partial \Delta \epsilon_a}{\partial y} + \frac{Eh}{1-\nu^2} \cdot \frac{\partial}{\partial y} (\Delta \epsilon_c + \nu \Delta \epsilon_x) + \frac{Eh}{2(1+\nu)} \cdot \frac{\partial^2 \Delta y_c}{\partial y^2} \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (3)}$$

式(3)の右辺の項は，温度変形およびクリープ変形と与える物理量で物体力と等価なものとなる。ところで， $\Delta \epsilon_a = \alpha \Delta \theta$ ， $(\alpha$: 線膨張係数， $\Delta \theta$: 温度変化量)であり，スラブ全面にわたり $\Delta \theta$ が一定とすれば，温度ひずみによる項はスラブ内で零となる。さらに， $\Delta \epsilon_c = \Delta \varphi D^{-1} \sigma$ であり，クリープ特性がスラブ全面にわたり一定とすれば，クリープひずみの項は応力の釣合式を含む形となり，橋脚による拘束を受けるところ以外では零となる。このような場合の温度変形，およびクリープ変形と与える力を図-1に示した。一方，橋脚の曲げクリープによる頭部の変形の変化量は，

$$\Delta \delta_c = \Delta \varphi' \cdot \frac{58 d^3}{3 E I} \quad \text{----- (4)}$$

となる。ここに、 S は拘束力、 B は支承幅、 EI は橋脚の曲げ剛度である。 S は、各連跡ステップの Δt 間でも変化するが、図-1(b)および式(4)はクリープ変形の変化量を求めるためのものであり、これらに代入する S は前ステップのものをを用いて十分であろう。このようにして、微小時間間隔での温度変化量に対応するクリープ変形および他の諸量の変化量が計算され、これらと重ね合わせることで、クリープによる応力緩和を考慮した解析が行われる。

3. 計算例：図-2, 3に、解析に用いたクリープ特性、および高架橋モデルを示す。橋脚もスラブもクリープ特性は同一とし材料差を60日とした。図-4はスラブの施工完了時と春または夏とし、この時からクリープが始まるとして、スラブ応力(2点)の変化を示したものである。図-5(a)は、応力分配法における板要素と、同図(b)は、図-4(a)に示す、夏(2時点)の支えを含む断面のスラブ応力の分布を示したものである。これらと要約すると、①応力履歴と温度変化には僅かの位相ずれがある。②解析の範囲内ではあるが最初の荷重周期(6ヶ月)における応力緩和量は、春施工で約15%、夏施工で約20%である。③夏施工でも、年数が立てば春施工の状態に近づく。④支承幅が小さい場合の支承上での軸応力分布の集中傾向はクリープを考慮してもほとんど変化しない。

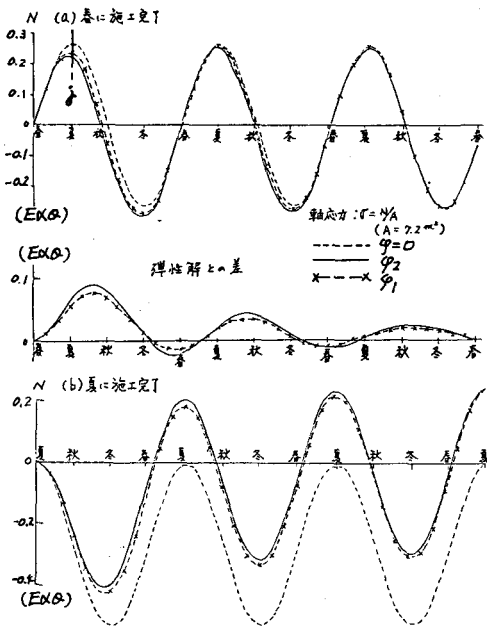


図-4 2点の軸方向力の変化

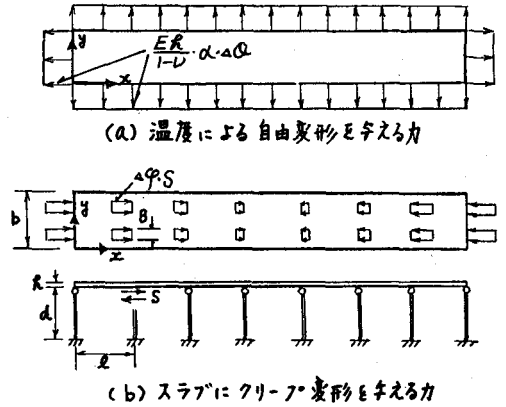


図-1

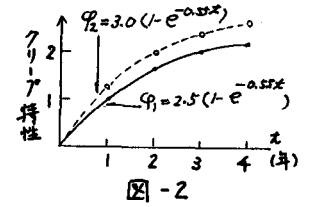


図-2

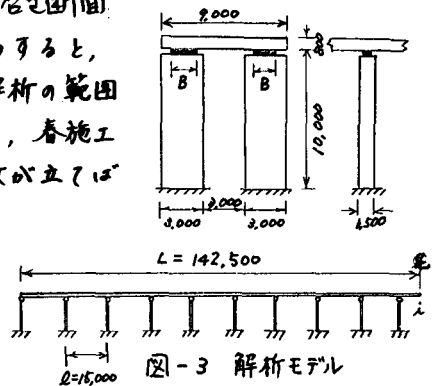


図-3 解析モデル

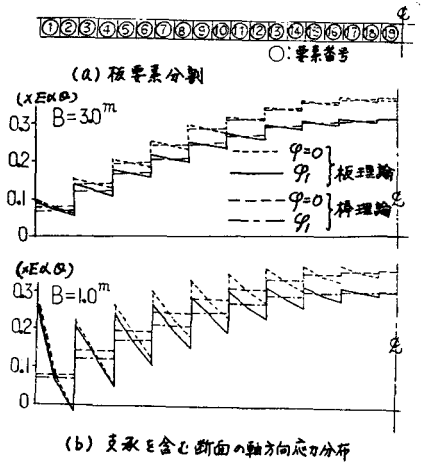


図-5

1) 岡村, 島田, 石川, 田中: 多径間平板構造の温度応力の一解析, 土木学会 関西支部概要, P.I-17 (1981).