

まえがき 鉄筋コンクリート構造物が加熱されると各材料の膨張や応力歪関係の変化が断面内部に不均一に発生する。一般には、これらの変化が非線形のため、たわみや伸びの変化も特異な過程を経る。以下は、変化する温度場に置かれたRCの梁柱構造が時間経過について変化する時の挙動計算について述べたものである。

- 仮定
- (1) 任意時間における断面内温度分布は力学系の変化から独立して定まる。
 - (2) 歪は線形分布する。(連続条件)
 - (3) 除荷過程の影響を無視する。

手順 軸方向に沿う微小部分の断面 A_x が時間 t において、線形歪分布 $\{(\epsilon_h - \epsilon_b)/h\}y + \epsilon_b$ 、温度分布 $T(x, y, z)$ のとき、断面への作用力として、曲げモーメント M_{tx} 、軸方向力 N_{tx} を受けて基準面の回転角 ϕ 、 $\rho\phi = \epsilon_b dx$ として回転半径 ρ で、応力分布 $\sigma_{xx}(x, y)$ とし、図1に示す。従ってつりあい条件から

任意点の応力を σ として

$$N_{tx} = \iint_{A_x} \sigma dz dy \dots (1)$$

$$M_{tx} = \iint_{A_x} \sigma y dz dy \dots (2)$$

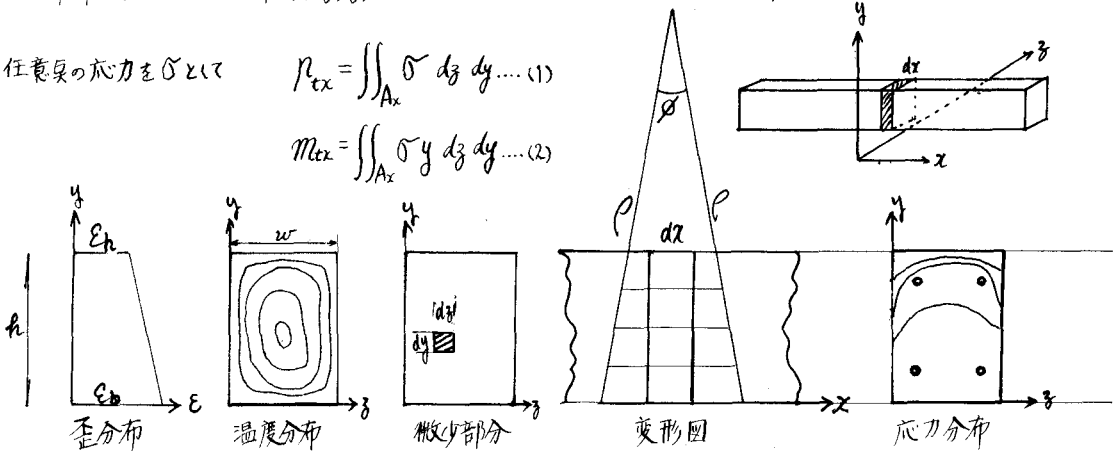


図1 時間 t に於ける任意断面 A_x の状態図(長方形断面の一例)

従って与えられた条件(時間、温度分布、荷重)を満足する ϵ_b, ϵ_h を求める。このためには各材料の応力式が必要である。

コンクリートの応力式 断面内の任意点 (x, y) における時間経過による歪変化はその応力の変化に較べ小さいので、時間については定歪下の応力減少を仮定する。図2は応力-歪-温度-時間の関係性を四次元空間として示す。ここで任意の応力-歪面に2次曲線を仮定する。今、この応力を $S(\epsilon, T, t)$ とすると、除荷を無視するので、任意点の応力は途中経過を経て次の範囲の値をとる。

$$S(\epsilon, T, 0) \geq \sigma \geq S(\epsilon, T, t) \dots (3)$$

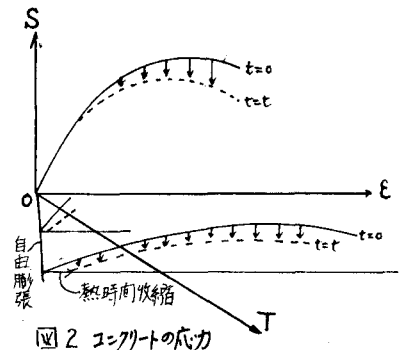


図2 コンクリートの応力

図2の関係は

$$S(\varepsilon, T, t) = K \varepsilon^T (\varepsilon^T - 2 \varepsilon_{0Tt}) \dots\dots (4)$$

ここで

$$K = -f_{Tt} / (\varepsilon_{0Tt} - \varepsilon_{Tt})^2$$

f_{Tt} = 室温からの上昇温度 T , 負荷経過時間 t における強度

$\varepsilon_{0Tt} = f_{Tt}$ に対応する歪

$$\varepsilon^T = \varepsilon - \varepsilon_{Tt}$$

ε = 任意歪

ε_{Tt} = 零応力歪 (線膨張及び収縮)

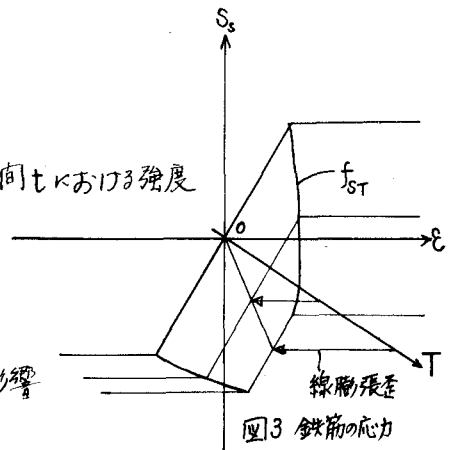


図3 鉄筋の応力

鉄筋の応力式

コンクリートに較べ短時間でのリラクゼーションの影響

は少ないものとして図3の曲面を描き。

$$S_s(\varepsilon, T, t) = \begin{cases} E_{Tt}(\varepsilon - \varepsilon_{Tt}) & \text{但し } |E_{Tt}(\varepsilon - \varepsilon_{Tt})| \leq f_{ST} \\ f_{ST} & \text{" } | & " & | > f_{ST} \end{cases} \dots\dots (5)$$

ここで E_{Tt} = ヤング率

f_{ST} = 降伏応力

計算例

(4)式においてマルホト^①、リッ^②の実験値から。

$$f_{Tt} = f_{00} \left\{ 1 - \frac{T}{100} \right\}^2 \left\{ 1 - \frac{15}{100} t \right\} \quad \text{但し } T^\circ\text{C}, t\text{分, 単位 } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$\varepsilon_{0Tt} = 0.002 \quad (\text{一定})$$

$$\varepsilon_{Tt} = 10^{-5} T \quad (\text{収縮無視})$$

(5)式においてマル^③の実験値を単純化して

$$E_{Tt} = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{一定})$$

$$f_{ST} = f_{sy} \left(1 - \frac{T}{1000} \right) \quad \text{として、図2のよ3た}$$

断面 ($b = 22.86 \text{ cm}$, $W = 15.24 \text{ cm}$, $d' = 3.34$ $f_{sy} = 4000$

の $\phi 6 \text{ mm}$ 対称配筋) が、JISA1304 のような温度場

にあるとする。今 $f_{00} = 400$ として、一定純モーメント 17 t-m を受ける時、定常時の曲率半径を 100% とすると、時間による低下は図4のようである。これは(3)式より下限になる。なる温度分布は、熱拡散 $\alpha = 18.0 (\text{cm}^2/\text{hr})$ として、フーリエの伝導方程式を2次元有限差分法、1ステップ15秒で解いたものを用いた。

考察 (4)式において時間と温度を無視すると $\varepsilon_{Tt} = 0$ として一定室温下の式となり、ホグネスタッド^④式の2次式部と等しくなる。ためめの計算を剛性式から解く場合、曲げ剛性が変移の関数になるので、時間ステップ毎に変形を求め、次のステップで使うため、変移における変移と反力との関係を簡単な式で表現することが有効である。なる橋梁部材の熱挙動の計算には、各材料の応力式として線膨張、強度変化、歪変化等と応力とが、一対一対応することが必要であるが、同材料について(4)式又は(5)式の形で実験資料が少ない現状である。

参考文献

① Malhotra, H.L. Magazine of Concrete Research Vol. 8, No. 23, August 1956, 85-94頁

② Rüschi, H. ACI Journal, Proc., Vol. 57, No. 1, July 1960, 1-28頁

③ 古村・原田. 日本建築学会年次講演会講演集 1967, 93-96頁

④ Hognestad, E. Bulletin No. 399 Eng. Exp. Sta. 11/11大学 Nov. 1951

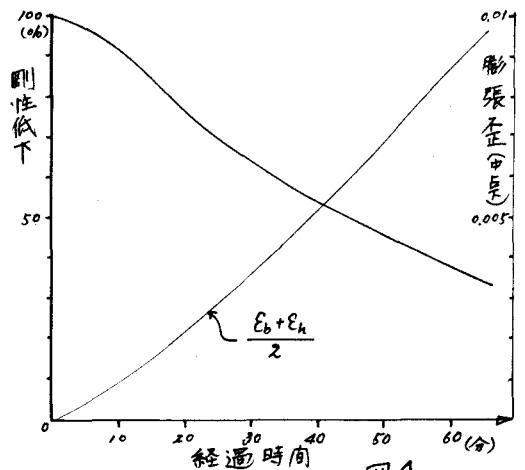


図4