

防衛大学校 正会員 佐藤 良一
東京工業大学 正会員 長 滝重義

1 まえがき

鉄筋コンクリート(RC)部材の剛性評価はたわみや温度変化に起因する温度応力などを算定するとき極めて重要となる。これまでRC部材の剛性評価に関する研究は多く行われてきたが、その多くは静的問題であって持続荷重を受ける場合を対象とするものは少ない。

本研究は、静的荷重によりたわみが分散したあとに持続荷重を受ける状態を想定し、左縮および引張域コンクリートと付着のクリープをそれぞれ考慮して、持続曲げ荷重を受けるRC部材の剛性を理論的に求める一方法を示したものである。

2 解析方法

2.1 仮定(図-1参照)

基礎方程式を定式化するうえで ①コンクリートの瞬間弾性係数 E_c は一定である ②たわみ断面のコンクリートは引張応力を負担しない ③圧縮部コンクリート、圧縮鉄筋および引張鉄筋は同一平面上にある ④引張部コンクリートのひずみは中立軸からの距離に比例する ⑤乾燥収縮は無視する などの仮定を設ける。

2.2 材料特性

コンクリートおよび付着のクリープ特性については参考文献 1) にしたがった。

2.3 基礎方程式の定式化

載荷日数 t_i におけるコンクリートのひずみと応力は次式で示される。

$$\varepsilon(t_i, z) = \sigma(t_i, z) / E_c + \frac{1}{2} \sum_{j=2}^i f(\alpha t_{j-1}) \{ \sigma(t_{j-1}, z) + \sigma(t_j, z) \} \quad \text{----- (1)}$$

$$\sigma(t_i, z) = g(t_i) \left\{ \varepsilon(t_i, z) - \frac{1}{2} f(\alpha t_{i-1}) \sigma(t_{i-1}, z) - \frac{1}{2} \sum_{j=2}^{i-1} f(\alpha t_{j-1}) \{ \sigma(t_{j-1}, z) + \sigma(t_j, z) \} \right\} \quad \text{----- (2)}$$

ただし、 $f(\alpha t_{j-1}) = \bar{\varepsilon}_{cr}(t_j) - \bar{\varepsilon}_{cr}(t_{j-1})$ ($\bar{\varepsilon}_{cr}(t_j)$: t_j における単位クリープひずみ), $g(t_i) = E_c / \{ 1 + \frac{1}{2} f(\alpha t_{i-1}) \}$

任意断面において以下の3式が成立する。

$$C_c + C_s + T_c + T_s = 0 \quad \text{--- (3)}, \quad M_c + M_s + M_T = M \quad \text{--- (4)}, \quad \sigma(t_i, h - \bar{z}_i) = 0 \quad \text{--- (5)}$$

ここで、 $C_c = b \int_{h-\bar{z}_i}^h \sigma(t_i, z) dz - A_s' \sigma(t_i, h-d)$, $C_s = A_s' \sigma_s'$, $T_c = b \int_0^{h-\bar{z}_i} \sigma(t_i, z) dz - A_s \sigma(t_i, h-d)$, $T_s = A_s \sigma_s$

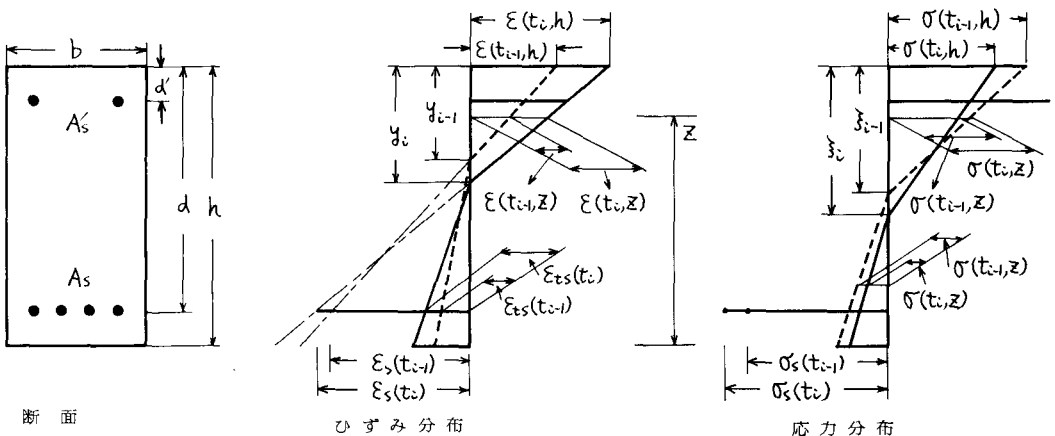


図-1 断面の応力・ひずみ分布の推移の概念図

$M_c = b \int_{-h}^h \sigma(t, z) \{z - (h-d)\} dz - (d-d') A_s' \sigma(t, h-d')$
 $M_s' = (d-d') A_s' \sigma_s'$, $M_T = b \int_{-h}^h \sigma(t, z) \{z - (h-d)\} dz$
 これら3式より $\varepsilon_s(t)$, $\varepsilon_{cs}(t)$ およ w と δ の関係が求
 まり次式が得られる。

$$d\delta x/dx = \varepsilon_s(t) - \varepsilon_{cs}(t) = f(y) \quad \text{----- (6)}$$

また、軸方向の変化に対して次の3式が成り立つ。

$$dC_c/dx + dC_s/dx + dT_c/dx + dT_s/dx = 0 \quad \text{---- (7)}$$

$$dM_c/dx + dM_s'/dx + dM_T/dx = 0 \quad \text{---- (8)}$$

$$d\{\sigma(t, h-\delta)\}/dx = 0 \quad \text{---- (9)}$$

上記式(7)~(9)を整理し、すべり量とひずみの関係、
 付着応力とひずみの関係を適用すれば最終的に次の形
 の基礎方程式が導かれる。

$$d^2\delta x/dx^2 = (C_s/A_s E_s) \{1 - \eta(y, \delta)\} \tau(t, \delta, x) - H(y, \delta) \quad (10)$$

$H(y, \delta)$ はコンクリートのクリープひずみを表す項で
 あり、静的問題の場合は $H(y, \delta) = 0$ となる。

式(10)は、境界条件 $\{\delta x\}_{x=0} = 0$ (ひびわれ間中央断面)、
 $\{d\delta x/dx\}_{x=a} = \{\varepsilon_s(t)\}_{x=a}$ (ひびわれ断面) を用いて式(6)
 と連立にすることにより解くことができる。

数値解析を行なううえで付着応力とすべり量の関係
 は六車らの提案式にしたがった。ただし、ひびわれ
 断面近傍の付着の劣化は黒正らの実験結果に基づいて
 考慮した¹⁾。

3 解析結果

図-2および3は断面 20×40 cm ($A_s' = 3.97$ cm²
 (2D16), $A_s = 7.94$ cm² (4D16)), ひびわれ間隔 20 cm の
 RC部材の載荷後初期のクリープ性状を解析結果の1
 例として示したものである。

これらの図に示されているように、本解析法は持続
 曲げ荷重を受けるRC部材の ①中立軸が下がる ②
 付着応力が低下する ③鉄筋応力が増大する ④
 圧縮縁コンクリートのひずみが増大する一方応力は
 低下する ⑤曲率が増大する などの従来より指摘さ
 れてきた性質を表わし得ることがわかる。

4 あとがき

本研究に対し昭和57年度吉田研究奨励金が授与さ
 れた。謹んで御礼申し上げます。

(参考文献)

- 1) 長滝, 佐藤: 持続引張荷重を受けるRC部材の変
 形・ひびわれ解析に関する一考察, 第5回コン
 リート工学年次講演会講演論文集, 昭和58年

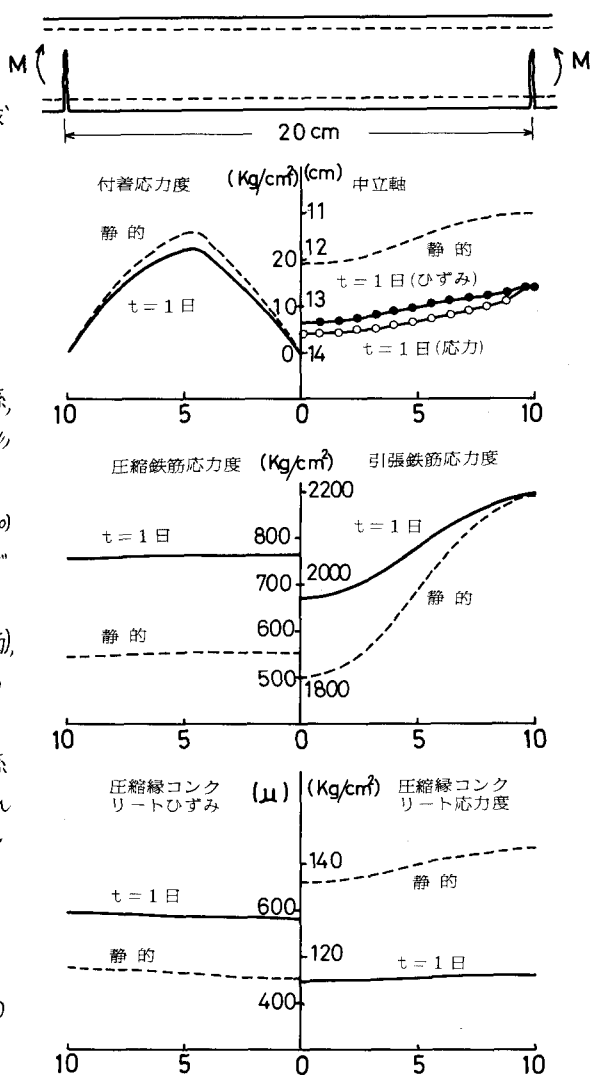


図-2 鉄筋およびコンクリート等の応力・ひずみ変化

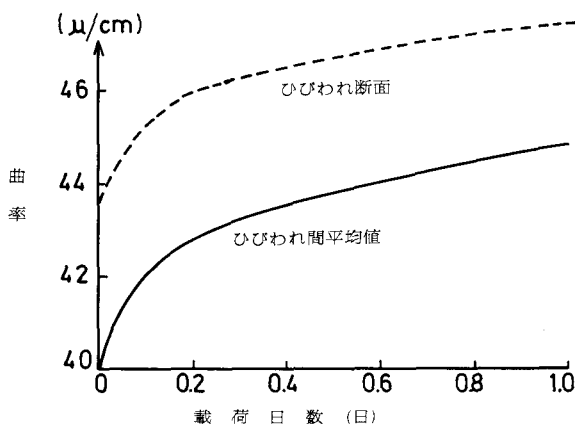


図-3 曲率の時間的推移