

香川大学 正 豊 裕 俊 英
京都大学 正 岡 田 清

1. まえがき

限界状態設計法を用いてコンクリート構造物の設計を行う場合、使用限界状態の一つであるひびわれ限界状態は重要な検討事項である。

これまで、筆者らはⅢ種プレストレストコンクリート（以下Ⅲ種PCと略称）曲げ部材が構造物として用いられる場合ひびわれ制御に有効な部材であることを実験的に示し¹⁾²⁾、各ひびわれ限界状態と補強鉄筋応力との関係を表へた。

したがって、本報告は上記Ⅲ種PC曲げ部材のひびわれ限界状態を検討するに当り、必要補強鉄筋応力に因する解析方法について述べる。

2. 解析方法

Ⅲ種PC曲げ部材における補強鉄筋応力の検討は従来の鉄筋コンクリート（以下RCと略称）で用いられてきた解析方法を用いて行うために、次に述べる基準状態の考え方を導入する。

(1) 基準状態

PC部材はRC部材に対して有効プレストレス P_e による内力が加わっている。したがって、この内力の差を図-1および図-3に示す仮想偏心力 F_1 、 F_2 および仮想モーメント M_0 により、検討することから始める。

まず自重+載荷荷重によるモーメント M_0 が部材に作用したとき有効プレストレス P_e により導入された補強鉄筋レベルでの部材のコンクリート応力あるいはひびわれが打ち消されて零となる。このときPC鋼材には引張力 F_1 が作用している。すなわち、

$$F_0 = P_e + A_s F_0 = P_e + A_s \epsilon_s E_s \quad \dots (1)$$

である。さらに、部材全レベルでの P_e による応力を打ち消す状態（これを基準状態と呼ぶ）を設定し、さうにPC鋼材の張力をも打ち消すために図-1および図-3に示すような仮想偏心力 F_1 および F_2 と之れぞのPC鋼材位置および図に軸からどの距離に作用させる。これらの関係は式で表わされる。

$$\begin{cases} F_2 e^* = M_0 - F_1 e \\ F_1 + F_2 = 0 \end{cases} \quad \dots (2)$$

あるいは

$$\begin{cases} F_0 e^* = M_0 - F_0 e \\ -F_1 = F_2 = F_0 \end{cases} \quad \dots (3)$$

なお、これらの状態の図原を図-2に数値例で示す。

(ii) 解析方法

PC部材の補強鉄筋応力の計算はこれまで式(1)の左辺の形のモーメント

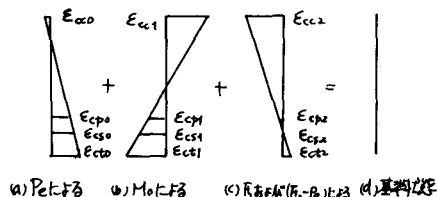


図-1 基準状態のひずみ分布図

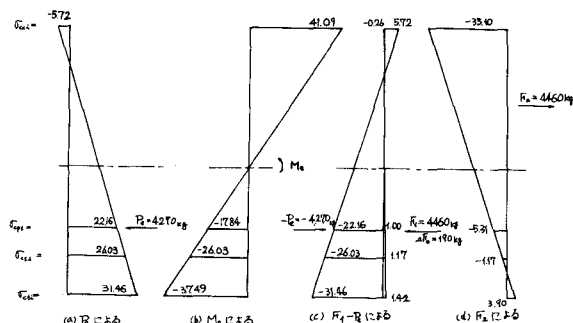


図-2 数値例 (2D10-3)

に対して検討がなされるべきだ。すなわち、ひびわれ発生以前においては、

$$\begin{aligned} M_{(RC)} &\equiv M - P_e \cdot e = M_{(RC)} + \{ M_0 - (F_0 e^* - F_0 e) \} \\ &= M_{(RC)} + \{ M_0 - (F_0 e^* + F_0 e) \} \end{aligned} \quad \dots (3)$$

なお、(3)式における $M_{(RC)}$ とは基準状態後の増加モーメントであり、RC状態でのモーメントを意味する。

したがって、この式から

$$\begin{aligned} M &\equiv (M - P_e e) + P_e \cdot e = M_{(RC)} + \{ M_0 - (F_0 e^* + F_0 e) \} + P_e \cdot e \\ &= M_{(RC)} + \{ M_0 - (F_0 e^* + \Delta F_0 e) \} \end{aligned}$$

これを(3)式と同じ様に書き換えれば

$$\{ M'_{(RC)} \equiv M' - P_e e = M_{(RC)} + \{ M_0 - (F_0 e^* + \Delta F_0 e) \} \quad \dots (4)$$

$$M'_{(RC)} = M, \quad M' = M + P_e \cdot e \quad \dots (5)$$

さて、ここで仮想力 F_1 をPC鋼材の引張力 F_0 を打ち消すために導入したが、はり部材に対しては有効プレストレス P_e の分が打ち消されて部材に ΔF_0 の圧縮力が作用する。すなわち、仮想力 F_1 および F_2 は(3)式の $\{ \}$ 内の形で作用するのではなく(4)式の $\{ \}$ 内の形で作用する。したがって、ここでは(4)式の形のものを(3)式の形のものとして検討を進め、最終的には(3)式と(4)式のモーメント差 $P_e \cdot e$ をもととする。

なお、ひびわれ発生後は(3)および(4)式中の $e \rightarrow e'$ 、 $e^* \rightarrow e^{*}$ と置き換えれば全く同様の関係が成り立つことが知られている。

したがって、基準状態が得られる以後の解析は従来のRCと同様の解析方法で検討を行うことができる。すなわち、図-3に示す通りに、まず平面保持の仮定より、

$$\frac{\sigma_c^*}{\sigma_s^*} = \frac{x}{n_s(d_s - x)}, \quad \frac{\sigma_c^{*'}}{\sigma_s^{*'}} = \frac{x}{n_p(d_p - x)} \quad \dots (6)$$

次に、圧縮力 = 引張力の関係より

$$\frac{b}{2} x \sigma_c^* = A_s \sigma_s^* + A_p \sigma_p^* \quad \dots (7)$$

(6)、(7)式より、中立軸の位置 x が次式で求められる。

$$\frac{b}{2} x^2 + (n_s A_s + n_p A_p) x - (n_s A_s d_s + n_p A_p d_p) = 0 \quad \dots (8)$$

さらに、PC鋼材図にまわりのモーメントを考えると

$$\begin{aligned} M' &= \frac{b}{2} x \sigma_c^{*'} \left(d_p - \frac{x}{3} \right) + A_s \sigma_s^* (d_s - d_p) + \{ M_0 - (F_0 e^{*'} + \Delta F_0 e') \} \\ \therefore M &= \frac{b}{2} x \sigma_c^{*'} \left(d_p - \frac{x}{3} \right) + A_s \sigma_s^* (d_s - d_p) + \{ M_0 - (F_0 e^{*'} + \Delta F_0 e') \} + P_e \cdot e' \end{aligned} \quad \dots (9)$$

結局(6)、(9)両式より、 σ_s^* に関して次式が得られる。

$$\sigma_s^* = n_s \frac{M - \{ M_0 - (F_0 e^{*'} + \Delta F_0 e') - P_e e' \}}{\frac{b}{2} x^2 \frac{d_p - \frac{x}{3}}{d_s - x} + A_s (d_s - d_p)} = n_s \frac{M - 2 \cdot P_e e'}{\frac{b}{2} x^2 \frac{d_p - \frac{x}{3}}{d_s - x} + A_s (d_s - d_p)} \quad \dots (10)$$

<参考文献>

- 1) 岡田、豊福「直線PCはりの曲がり特性に関する基礎的研究」セメント、XXX、1976、521~526
- 2) 豊福「直線PCはりの曲がり特性に関する基礎的研究」第2回本誌、1976、131~132
- 3) 岡田、豊福「直線PCはりの曲がり特性に関する2-3の実験」セメント、XXXI、1977、474~477

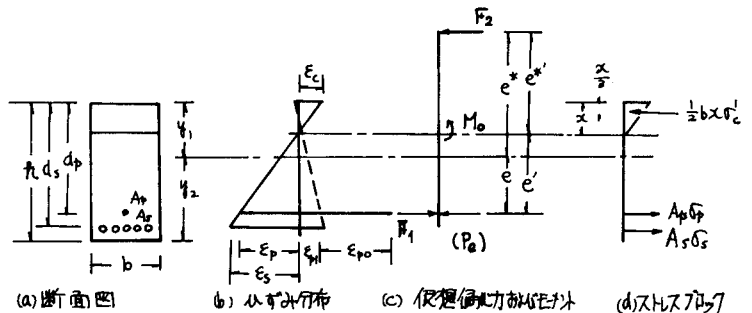


図-3 ひずみ分布および応力分布図