

V-38 PRC 曲線部材の限界状態設計

秋田 大学 正 員 川上 洵
秋田 大学 学生員 〇矢作秀之
秋田 大学 学生員 中狭 清

1. まえがき

近年、力学的、経済的条件はじめ、施工現場の条件、美観的な面からも曲率を有するPRC構造物の施工が数多く行われるようになってきた。PCやRCの構造物の解析に対して、従来曲率の影響を無視して解析されてきたが、曲率を考慮した限界状態設計の必要性が増してきている。

本研究は、コンクリート等の材料非線形を考慮し曲率を有するPRC部材の解析を行い、ひびわれ強度及び破壊強度の検討を試みたものである。

2. ひびわれ曲げモーメント

解析にあたり、(1) 平面保持の仮定が成り立つ、(2) ひびわれは、引張縁のコンクリートのひずみが曲げ引張極限ひずみに達した時に発生するものとする、(3) コンクリート引張部の塑性変形を考慮する、を仮定する。また、①初期プレストレス導入直後、②プレストレスの損失、③ひびわれの直前、の各段階に分けて解析を進めることとし、①の段階ではその段階でのPC鋼材位置のコンクリートのひずみ、②の段階ではPC鋼材のひずみで評価し、③の段階でそれらをPC鋼材のひずみとして総合的に評価するものとする。

2-1 初期プレストレスの導入直後のPC鋼材位置のコンクリートのひずみ

図-1は、初期プレストレス導入直後のひずみ状態を示す。ここでは、軸力 N_i によるひずみを ϵ_{Ni} 、曲げ M_i によるひずみを ϵ_{Mi} として別々に解析する。まず、軸力は断面に均等に分布するものとし次のようになる。

$$\epsilon_{Ni} = \frac{N_i}{E_c A_i}$$

E_c はコンクリートの弾性係数、 A_i は換算断面積である。曲げに対しては、曲率の影響を考慮し次のように求められる。

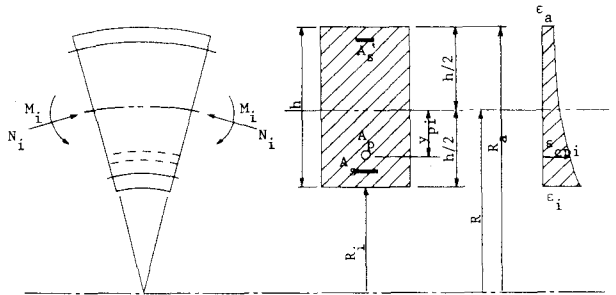


図-1 初期プレストレス導入直後のひずみ状態

$$\epsilon_{Mi} = \frac{M_i G_R}{G_R E_c (n_s - 1) B - A_i I_R} \left\{ 1 - \frac{(n_s - 1) B}{I_R} \times \frac{y_{pi}}{1 + y_{pi}/R} \right\} + \frac{M_i}{E_c I_R} \times \frac{y_{pi}}{1 + y_{pi}/R}$$

$$B = A_s' y_{si}' + A_s y_{si} - A_a y_{ad} / (n_s - 1)$$

上式について、 n_s は鉄筋の弾性係数比、 G_R 、 I_R は各々曲率を考慮した断面1次、断面2次モーメントである。また、 A_s' 、 A_s 、 A_a は各々圧縮、引張鉄筋断面積、ダクトの断面積である。

以上により、求めるひずみは、

$$\epsilon_{cpi} = \epsilon_{Ni} + \epsilon_{Mi}$$

2-2 プレストレスの損失によるPC鋼材のひずみ変化量

プレストレスの損失としては、コンクリートの乾燥収縮、クリープ、PC鋼材のリラクセーションを考える。次式は、全補強材を一つの図心位置に集中させそこでの各材料の力分担、ひずみの釣合条件から導

いたものである。ここで、 λ : 材令係数、 ψ : クリープ係数、 ε_{sh} : 乾燥収縮度、 ρ^2 : 断面2次半径、 ΔP_c : 損失によるコンクリートの力の変化量、 σ_{cpi} : ①段階のPC鋼材位置コンクリート応力である。

$$\Delta \varepsilon_p = \frac{(1 + \lambda \psi)}{E_c} \times \frac{\Delta P_c}{A_c} \left\{ 1 + \frac{e}{R} + \frac{ey_{pi}}{(1 + y_{pi}/R)\rho^2} \right\} + \varepsilon_{sh} + \frac{\psi \sigma_{cpi}}{E_c}$$

2-3 ひびわれ強度

図-2は、曲げを受ける断面のひびわれ直前のひずみ状態を示す。この段階で、前述の①、②は次のように考慮される。

$$\sigma_p = E_p \times \{ \varepsilon_p + \varepsilon_{pi} + \varepsilon_{cpi} + \Delta \varepsilon_p \} + \Delta \sigma_r$$

このうち、 ε_p 、 ε_{pi} は次のようである。即ち、

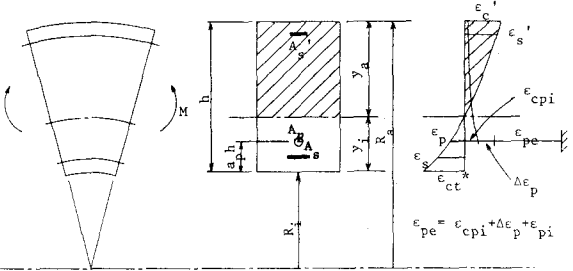
$$\varepsilon_p = \frac{(y_i - a_p h) R_i}{(R_i + a_p h) y_i} \varepsilon_{ct}^*, \quad \varepsilon_{pi} = \frac{P}{E_p A_p} M$$

$\Delta \sigma_r$: PC鋼材のレラクセーションによる応力

ε_{ct}^* : コンクリートの曲げ引張極限ひずみ

中立軸位置は、 ΣC (圧縮力) = ΣT (引張力)

により決定され、従って求めるひびわれ強度は、



$$M_{CB} = Ccyc' + Csys' + Tcyc + Tsys + Tpy p$$

図-2 ひびわれ直前のひずみ状態

3. 破壊曲げモーメント

解析の仮定は、2. の(1) の他に(2) 破壊はコンクリートの圧縮縁ひずみが曲げ圧縮極限ひずみに達した時に生ずるものとする、(3) コンクリートの圧縮部の塑性変形を考慮する、とする。また、 ε_{cpv} は他のひずみに比べて微小であるので無視する。以上により、破壊強度は次式により求められる。

$$M_u = Ccyc' + Csys' + Tsys + Tpy p$$

4. 数値計算結果

図-3、図-4に示す矩形断面について、そのひびわれ強度及び破壊強度を解析した。ここでCase Aとは曲率を増加させるようなモーメントが作用した場合、また、Case Bとは図-2のような曲率を減少させるようなモーメントが作用した場合を示すものとする。

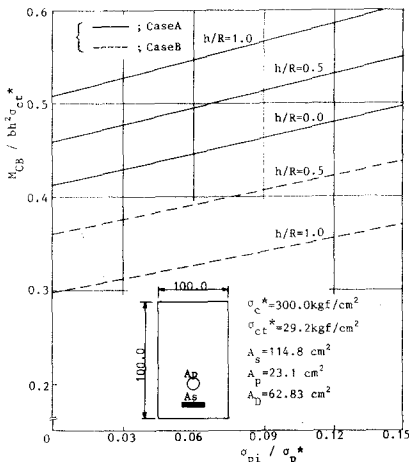


図-3 ひびわれ強度と初期緊張応力の関係

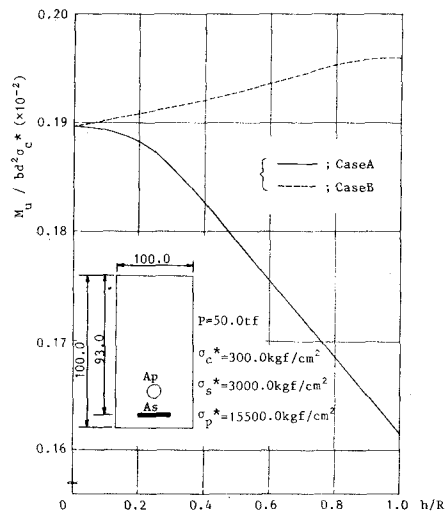


図-4 破壊強度と曲率の関係