

V-45 曲げと軸力を受ける PC曲線部材の塑性解析

秋田大学 正会員 川上 淳
秋田大学 学生員 加藤 俊二
秋田大学 学生員 ○浅井 隆一

1. まえがき

曲率を有するコンクリート構造物は、橋梁や用排水施設等をはじめ幅広く使用されている。近年、構造物のプレキャスト化による施工の合理化が進む一方、曲線部材に対してもPC鋼材を配置してプレストレスを導入したプレキャスト曲線部材もみられるようになってきている。

本研究は、コンクリートの材料非線形を考慮し、軸力と曲げを受けるPC曲線部材のひびわれ強度及び破壊強度を解析するとともに、PC曲線部材に対する構造特性を明らかにするものである。

2. ひびわれ曲げモーメント

曲線部材に対してひびわれ強度及び破壊強度を解析する場合、曲げと軸力の作用によって曲率中心に近い断面内側のコンクリートが圧縮となる時（以後、Case Aとする）及び断面外側のコンクリートが圧縮となる時（以後、Case Bとする）を考える。このうち、Case Bに対する理論を以下に示す。

解析の仮定は以下のとおりである。ひびわれ強度において、(1)平面保持の仮定が成立り立つ、(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 ε_{ct}^* 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（図-1）。

PC曲線部材が軸力と曲げを受ける時の、ひびわれ直前の断面のひずみ状態を図-2に示す。この時、平衡条件式は、次の2式のとおりである。

$$\begin{cases} N_c = C_c + C_s - T_c - T_s - T_p & \dots \dots \textcircled{1} \\ M_c = (y_a + e') N & \dots \dots \textcircled{2} \end{cases}$$

ここで、曲率を考慮したコンクリートの圧縮力と引張力、 C_c 、 T_c は次のように与えられる。

$$C_c = E_c \varepsilon_{ct}^* \frac{R_o R_i b}{y_i} \left\{ \frac{y_a}{R_o} - \log \left(1 + \frac{y_a}{R_o} \right) \right\} \quad \dots \dots \textcircled{3}$$

$$T_c = \sigma_{ct}^* b R_i \left[\frac{(1 - \gamma_t) y_i}{R_i + \gamma_t y_i} - \frac{R_o}{\gamma_t y_i} \left\{ \frac{2 R_i + 3 \gamma_t y_i}{R_i + \gamma_t y_i} - 2 \left(1 + \frac{R_i}{\gamma_t y_i} \right) \log \left(1 + \frac{\gamma_t y_i}{R_i} \right) \right\} \right] \quad \dots \dots \textcircled{4}$$

γ_t : 引張塑性係数

PC鋼の引張力、 T_p に対しては、プレストレス導入時のコンクリートの弾性変形、及びコンクリートの乾燥収縮 ϵ_{sh} 、クリープ ϵ_c 、PC鋼材のレラクセーション $\Delta \sigma_{pr}$ 、によるプレストレスの損失を考慮しなければならない。全補強材を一つの図心位置に集中させ、その位置における各材料の力の分担、ひずみの釣合条件から初期プレストレス導入時にPC鋼材位置の部材断面に生じる弾性ひずみ ε_{cpi} 、プレストレスの損失

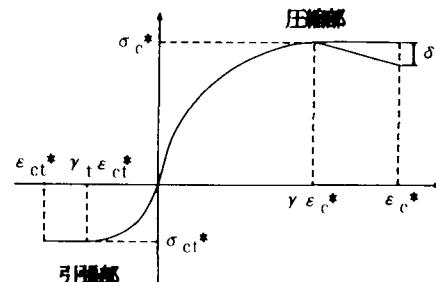


図-1 コンクリートの応力-ひずみ関係

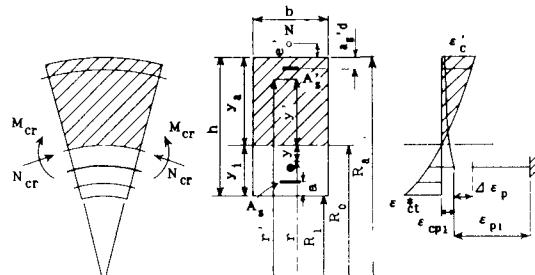


図-2 PC曲線部材のひびわれ直前のひずみ状態

によるPC鋼材位置のコンクリートのひずみ変化量 $\Delta\varepsilon_p$ は、次式のように表される。

よって、Tp は

ここで、 λ ：材令係数、 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、 A_c ：純コンクリート断面積、 G_R ：曲率を考慮した換算断面重心位置の断面1次モーメント、 I_{Rc} ：曲率を考慮した換算断面重心位置の断面2次モーメント、 G_{RC} ：曲率を考慮した全補強材図心位置の断面1次モーメント、 I_{RC} ：曲率を考慮した全補強材図心位置の断面2次モーメント、 e ：純コンクリート断面から換算断面重心位置までの距離、 e_R ：換算断面重心位置から全補強材図心位置までの距離、 σ_{cpi} ：初期プレストレス導入直後のコンクリートの弾性変形による応力、 E_c ：コンクリートのヤング係数、 E_p ：PC鋼材のヤング係数、 ε_{pv} ：PC鋼材の有効引張ひずみ

以上により、ひびわれ時における軸力 N_{cr} ひびわれ曲げモーメント M_{cr} は、次のように求められる。

3. 破壊曲げモーメント

図-3は、破壊時におけるPC曲線部材のひずみ状態である。

破壊強度においては、ひびわれ曲げモーメントでの仮定(2)・(3)に変えて、(4)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とする、(5)コンクリートの圧縮部の塑性変形を考慮する。(図-1)

この場合の平衡条件式は

$$\{ M_u = (y a + e') N \quad \dots \dots \text{II}$$

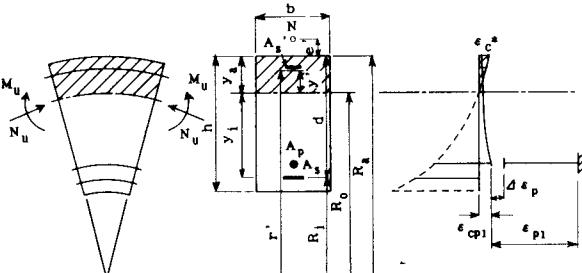


図-3 PC曲線部材の破壊直前のひずみ状態

また、コンクリートの圧縮力、 C_c は

$$Cc = \sigma c^* b Ra \left\{ \frac{\gamma ya^2 (1-\gamma) + Ro (3\gamma ya - 2Ra)}{\gamma ya (Ra - \gamma ya)} - \delta + \frac{\delta Ro}{ya (1-\gamma)} \log \left(\frac{Ra - \gamma ya}{Ro} \right) \right. \\ \left. + \frac{2Ro}{\gamma ya} \left(1 - \frac{Ra}{\gamma ya} \right) \log \left(1 - \frac{\gamma ya}{Ra} \right) \right\} \quad \dots \dots \textcircled{12}$$

以上により、破壊曲げモーメント M_u と軸力 N_u は、次のように求められる。

$$Mu = Ccyc' + Csys' + Tsys + Tpyp \quad \dots \quad ④$$

4. むすび

以上の理論を用いて、曲げと軸力を受けるPC曲線部材について、プレストレスの損失を考慮し、ひびわれ曲げモーメント、また破壊曲げモーメントを解析し、その構造特性を検討した。。

参考文献

- 1) 川上洵, 矢作秀之, 中狭 靖「P R C曲線部材の限界状態設計」, 平成元年度土木学会東北支部技術研究発表会, V PP.498~499.