

PRC部材のひびわれ強度及び変形

秋田大学 正員 川上 洵
 学生員 ○ 清水 俊一
 学生員 佐々木真一

1. まえがき

プレストレスト鉄筋コンクリート（以下PRC）は、近年世界的に関心が高まり日本でも設計指針が出版されるようになってきている。実際、PRCは経済性や施工などの面で有利であり、今後さらに需要増加が予想される。しかし、PRCはまだ歴史が浅く研究報告も比較的少ないのが現状である。本研究は、コンクリートのクリープ、乾燥収縮、PC鋼のリラクセーションを考慮して任意形断面を有するPRC部材のひびわれ強度を求め、さらに、ひびわれ発生後の長期変形をも明らかにしたものである。

2. 解析^{1), 2)}

ひびわれ強度に関する解析は、参考文献1)を用いた。ここでは長期変形解析について説明する。解析にあたって、(1) 平面保持の仮定が成り立つ、(2) フックの法則が成り立つ、(3) ひびわれ発生後はコンクリートの引張抵抗を無視する、を仮定する。また、鉄筋とPC鋼の弾性係数は等しいものとする。

荷重は、1. 持続荷重：一定持続荷重であり、自重やプレストレスによる荷重、2. 漸増荷重：初めゼロで徐々に増加する、クリープや乾燥収縮による荷重、の2つを考え、これらによる応力とひずみの経時変化を図-1に示す。ここで、 ρ は材令係数、 C_{ji} はクリープ係数を示す。

図-2に示すような任意形断面に曲げが作用したときの応力分布を、①：持続荷重載荷直後、②：損失終了後、③：デコンプレッション状態、④：活荷重作用時の4段階に分類して考える。

①段階での基準点のひずみ ε_{a_i} と曲率 ϕ_i は、基準点に作用する軸力 N と曲げモーメント M が既知であるからコンクリートの弾性係数、断面積、断面1次、2次モーメントを E_c 、 A 、 B 、 I とすると

$$\begin{Bmatrix} \varepsilon_{a_i} \\ \phi_i \end{Bmatrix} = \frac{1}{E_c (AI - B^2)} \begin{bmatrix} I & -B \\ -B & A \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} N \\ M \end{Bmatrix} \quad (1)$$

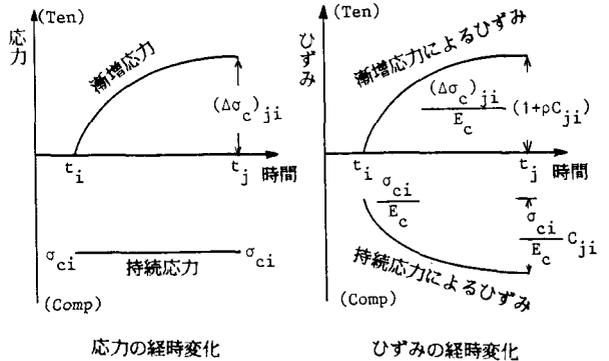


図-1 持続及び漸増応力とひずみの経時変化

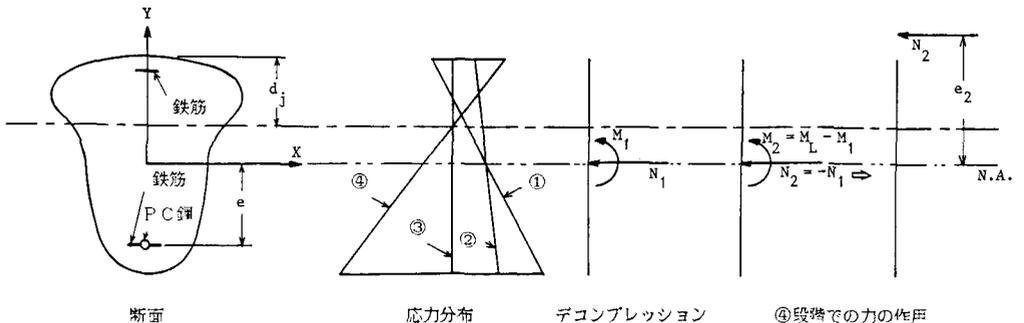


図-2 解析のための基礎図

②段階で、引張鉄筋とPC鋼が1つの図心に集中していると考え、その図心位置での鉄筋、PC鋼、コンクリートのひずみの変化量は等しいから

$$\frac{(\Delta\sigma_{ns})_{ii}}{E_s} = \frac{(\Delta\sigma_{os})_{ii} - \Delta\sigma_{or}}{E_s} = S + \frac{\sigma_{cei} C_{ii}}{E_c} + \frac{(1 + \rho C_{ii})}{E_c} \frac{(\Delta P_c)_{ii}}{A_c} \left(1 + \frac{e^2}{r^2}\right) \quad (2)$$

ここで $\Delta\sigma_{or}$ はリラクセーションにより減少する応力、 S は乾燥収縮ひずみ、 σ_{cei} は偏心距離 e での応力。式(2)よりコンクリートに作用する力の変化量 $(\Delta P_c)_{ii}$ が求められ、さらに、曲率の変化量は、

$$(\Delta\phi)_{ii} = \phi_i C_{ii} + \frac{(\Delta P_c)_{ii} e}{E_c I_c} (1 + \rho C_{ii}) \quad (3)$$

③段階において、デコンプレッション力 N_1 、 M_1 は式(1)により求め、その曲率の変化も容易に得られる。活荷重による曲げモーメントを M_2 とすると、④段階は、デコンプレッション状態に偏心軸力 N_2 が作用した場合と同様である。応力は、鉄筋コンクリート断面に偏心軸力が作用する場合と同様に解析でき、水平方向の力及びモーメントのつりあいより中立軸位置が決まり、最終的な曲率は①～④段階の重ね合わせより得る。

PC鋼を図-3のような配置とすると、最大たわみは曲率 ϕ を用いて、

$$y_{max} = \frac{5}{48} l^2 \phi \quad (4)$$

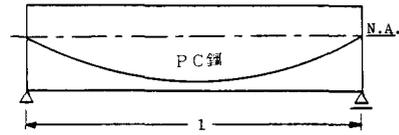


図-3 PC鋼の配置

3. 数値計算

図-4に示す断面を解析した。

$$\gamma_c = 0.65, \quad \epsilon_{ct}^* = 0.000265$$

$$\rho = 0.8, \quad C_{ji} = 2.0$$

$$E_c = 3.5 \times 10^5 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_p = 2.0 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$E_s = 2.1 \times 10^6 \text{ kgf/cm}^2$$

$$A_p = 28 \times 8.04 = 225.12 \text{ cm}^2$$

$$A_s = 94 \times 5.067 = 476.298 \text{ cm}^2$$

$$\epsilon_s = 0.0002$$

$$M_d = 588.63 \text{ tf}\cdot\text{m}, \quad M_L = 368.13 \text{ tf}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_c^* = 400 \text{ kgf/cm}^2, \quad \sigma_s = 5000 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\sigma_{pu}^* = 12500 \text{ kgf/cm}^2$$

$$P = 28 \times 15.0 = 420.0 \text{ tf}$$

$$\Delta\sigma_{pr} = 55.97 \text{ kgf/cm}^2$$

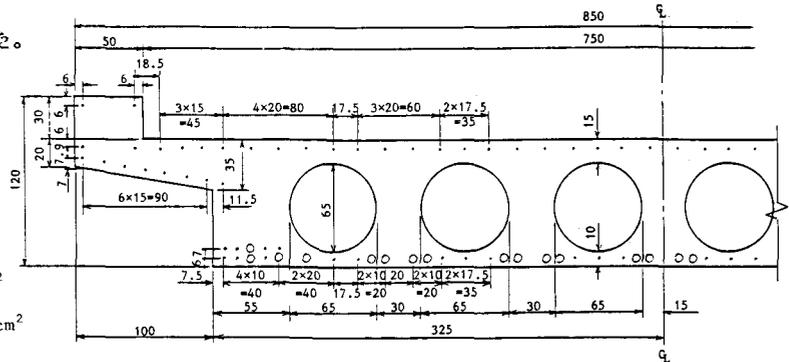


図-4 中空床版断面図

表-1 ひびわれ強度及び最大たわみ

ひびわれ発生モーメント		ひびわれ発生後(L-20)の最大たわみ	
d_i (cm)	M_{cr} (t·m)	d_i (cm)	y_{max} (cm)
65.6	868.2	44.2	8.07

なお、本研究は、昭和62年度文部省科学研究費（一般研究C）の一部を受けて行ったものである。

参考文献

- 1) KAWAKAMI, M. et al, "Limit States of Cracking and Ultimate Strength of Arbitrary Concrete Sections Under Biaxial Loading" J.ACI Vol.82 No.2, 1985, pp.203-212.
- 2) Tadros, M. K. et al, "Partially Prestressed Concrete Structures" Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol.111 No.8, Aug. 1985, pp.1846-1865.