

I-92

プレストレス構造での内力の
一般的な表現式

阪神高速道路公団 正会員 袴田 文雄

1. はじめに 不静定のプレストレスト構造では、プレストレスの内力により不静定力が生じる。この場合のプレストレスによる不静定力の評価の方法には、コンクリート道路橋設計便覧(日本道路協会)に示されているようなモールの定理を用いた応力法、プレストレス力を微視的にみて数値的に評価する方法等があるが、ここでは、プレストレスについての端モーメント、摩擦力、曲率を統一的に表現していないと思われるところがある。ここに提示するのは、プレストレスの内力について外力として評価して死荷重や活荷重といった他の外力と同等の扱いをおこなえるようにして、不静定構造やカンバー計算での扱いを可能にする一方、設計や解析上でのプレストレスの扱いを用意する方法を提案するものである。

2. プレストレス力の一般式 図-1のつりあいについて考慮する。PC鋼線の幾何形状を $t(x)$ 、プレストレスによる引っ張り力の水平成分を $Ph(x, z)$ 、鉛直成分を $Pv(x, z)$ とする。それぞれの方向での釣合式は次の通り、

1) 鉛直方向

$$-Ph \frac{dt}{dx} + Ph(x+dx, z+dz) \frac{dt}{dx} \Big|_{x+dx} + dV = 0$$

$$f_3 \equiv -\delta V / \delta x = Ph \frac{d^2 t}{dx^2} + (\delta Ph / \delta x + \delta Ph / \delta z \cdot dt/dx) \cdot dt/dx \quad (1)$$

2) 水平方向

$$-Ph(x, z) + Ph(x+dx, z+dz) + dH = 0$$

$$f_1 \equiv -\delta H / \delta x = \delta Ph / \delta x + (\delta Ph / \delta z) \cdot dt/dx \quad (2)$$

(1), (2) は、平面内にてPC鋼線が配置されている場合を示したが、立体的に配置されている場合への拡張は容易である。

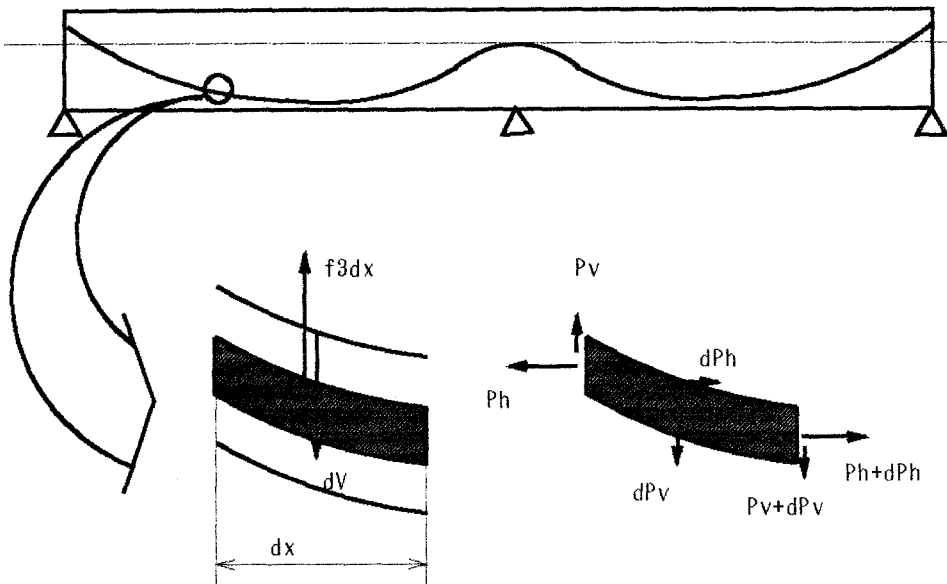


図-1 PC鋼線と力のつりあい

軸線長、曲率によって摩擦が生ずる。この軸力減少
分を考慮しかつ幾何形状を放物線とすると、

$$\begin{cases} \text{r} & Ph = Po \exp(-\lambda |x-x_0| - \mu \alpha) \\ \text{L} & t(x) = ax^2 + bx + c \end{cases}$$

ここで

x_0 は軸力の与えられる位置

Po は x_0 でのプレストレス水平成分 をいう。

これから

$$\begin{cases} \text{r} & f1 = -\lambda \operatorname{sign}(x-x_0) Po \exp(-\lambda |x-x_0| - \mu \alpha) \\ \text{L} & f3 = Po(2a - \lambda \operatorname{sign}(x-x_0)(2ax + b)) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \text{L} & f3 = Po(2a - \lambda \operatorname{sign}(x-x_0)(2ax + b)) \\ & \quad * \exp(-\lambda |x-x_0| - \mu \alpha) \end{cases}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで、} \quad \operatorname{sign}(x-x_0) = & \begin{cases} 1.0 & (x > x_0) \\ 0.0 & (x = x_0) \\ -1.0 & (x < x_0) \end{cases} \end{aligned}$$

としてプレストレス内力が分布力としての外力として
与えられる。桁端部にPC鋼線が図心でない場合は、
軸力のほかに曲げモーメントを外力として評価するこ
とになる。

ここでふたつの事例を考える。

1) 直線配置のプレテンション桁（図-2(a)）

$$\begin{cases} \text{r} & Ph = Po \\ \text{L} & t(x) = c (=const.) \end{cases}$$

この場合には $f1 = f3 = 0$ となり図-2(b) に示すような外力としてのモーメントおよび軸力が作用す
る。

2) 放物線配置で摩擦力を無視したポストテンション桁（図-3(a)）

$$\begin{cases} \text{r} & Ph = Po \\ \text{L} & t(x) = ax^2 + bx + c \end{cases}$$

よって $f1 = 0$; $f3 = 2aPo$;

この場合は、図-3(b)に示すように、曲率($2a$)と水平軸力(Po)の積に等価な等分布な外力が作用した場合
に等しい。

幾何形状を与える a, b, c については、簡単な行列を解くことで容易に知られる。PC鋼線がひとつのパ
ラメーターで与えられない不静定の連続桁ではひとつひとつの単位に区分することで適用可能である。軸
力の解放については、通常の手続きにより上記の方法に考慮することが可能である。

3. まとめ 本文に述べたプレストレスの内力を等価な分布力と考えることで不静定力や変形の問題、ク
リープなどに応用できる。また、プレストレスの鉛直成分のせん断力寄与についても考慮することができ
る。最大の利点は合理的なプレストレスの評価が容易にできることにある。

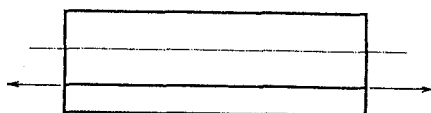


図-2(a) 例1

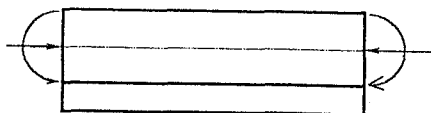


図-2(b) 例1の外力



図-3(a) 例2

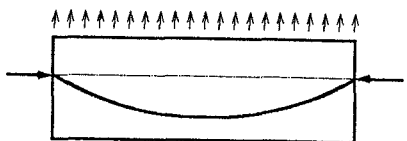


図-3(b) 例2の外力