

# 部分予应力混凝土受弯 构件最优配筋法

张保善, 聂建国

(土建系)

**提 要:** 本文根据予应力混凝土受弯构件的受力特征, 分析了全予应力、部分予应力及普通混凝土受弯构件在使用阶段的特点, 由此提出了设计予应力受弯构件的最优配筋法, 根据本文提出的方法, 可以设计出满足使用要求的全予应力或部分予应力混凝土受弯构件, 取得较好的经济效益。

**关键词:** 予应力混凝土, 配钢筋, 受弯构件

目前, 国内外许多学者对全予应力、部分予应力混凝土构件的研究越来越多<sup>[1~4]</sup>, 在设计计算方面, 大部分集中在研究予应力度及使用阶段变形和裂缝的控制计算问题, 并结合试验资料, 也提出了一些计算方法<sup>[5,6]</sup>。但是, 在设计部分予应力混凝土构件时, 如何合理地确定予应力钢筋和非予应力钢筋的数量, 尚未进行深入地研究, 已提出的许多计算方法也比较繁杂, 应用不甚方便, 本文试图在这方面做一尝试。

## 1 部分予应力混凝土梁的受力特征

图1表示部分予应力混凝土梁的荷载—挠度全过程典型曲线。图中A点表示构件在予应力作用下存在反拱, 截面上有予应力存在。施加荷载后, 图中B点表示构件受荷后抵消了反拱。随荷载增加, 构件产生向下的挠曲, C点表示梁受拉区予应力为零, D点表示拉区混凝土开始受拉至拉应力为 $\gamma R_t$  ( $R_t$ 为混凝土的开裂强度,  $\gamma$ 为塑性系数), 此后, 梁在外荷作用下将产生裂缝, 梁处于带裂缝工作阶段, 随荷载增加, 拉区钢筋达到屈服强度 (如图中E点所示), 继续加荷, 拉区裂缝逐渐开展和向上发展, 压区混凝土达到极限压应变时, 梁达到极限承载能力 (如图中F点所示), 如果继续加荷, 梁将挠曲并增大的很快, 荷载下降 (如图中G点所示)。可见, 部分予应力混凝土梁的受力过程可分为无裂缝工作阶段 (如图中所示AB段)、带裂缝工

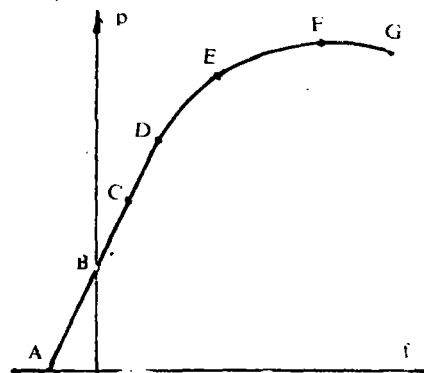


图1 部份予应力混凝土梁荷载—挠度全过程典型曲线

本文1988年6月8日收到

作阶段(如图中所示DE段)及破坏阶段(如图中所示ED段) 由于预应力的存在,受荷后必须抵消预压应力,然后受拉区混凝土才经历受拉和开裂及裂缝逐渐发展和加宽的过程,但裂缝宽度较普通混凝土梁要小的多,钢筋的应力确比较高,梁的抗弯刚度也有很大提高

对于全预应力混凝土受弯构件来说,在使用阶段混凝土受拉区边缘纤维始终保持压应力或零应力状态,这就需要构件受荷前有较高的预压应力,施工复杂程度较高,造价也较高,工程实际中除非必要是很少应用的。而普通混凝土受弯构件,没有预压应力存在,受拉混凝土很早就开裂,使用阶段裂缝较宽,影响耐久性,而且梁的刚度减小,对大跨情况其裂缝宽度和刚度将成为设计的控制条件,此种情况很不经济。但是,部分预应力混凝土构件在使用阶段虽然允许混凝土边缘产生拉应力或出现细小的微裂缝,可是,可以对裂缝宽度加以控制以选取合适的预应力钢筋数量和非预应力钢筋数量,它既有预应力受弯构件的优点,又可兼有非预应力受弯构件的长处,可控制截面使用阶段的应力状态

## 2 截面应力状态与配筋方法

一般情况下,部分预应力混凝土梁正截面使用阶段和极限状态时的应力状态如图2所示

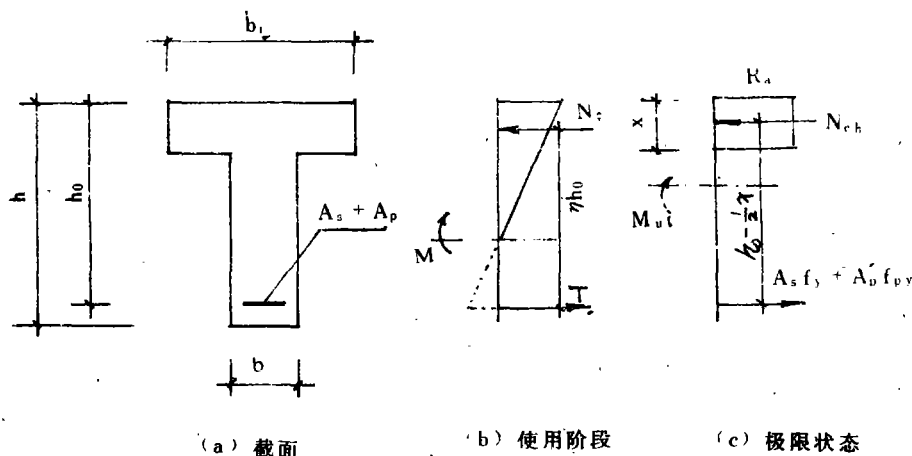


图2 截面应力图

为了导出确定预应力筋和非预应力筋的数量计算公式,我们做出如下假定:

- (1) 截面在变形后仍保持为平面;
- (2) 受拉区混凝土的抗拉作用忽略不计;
- (3) 受拉预应力钢筋和非预应力钢筋的重心距受压边缘距离为 $h_0$ ,距截面形心为 $e_0$ ;
- (4) 使用阶段,受压区混凝土应力图形为三角形,极限状态时,受压区混凝土应力图形为折算的矩形,其平均抗压强度为 $R_a$ 。

如果,在使用阶段受拉钢筋的总拉力为 $T$ ,那么,可对受压区合力点取矩得出:

$$T = \frac{M}{\eta_1 h_0} \quad (1)$$

式中, $M$ 为使用阶段的外力矩, $\eta_1$ 为使用阶段的内力臂系数,可取 $\eta_1=0.87$ 。

假定此时受拉钢筋产生的应力增量为 $\Delta\sigma_g$ , 相应的应变为 $\Delta\varepsilon_g$ , 钢筋的总拉力 $T$ 也可以由有效予应力及应力增量之和来表示为:

$$T = (A_g + A_y) \Delta\sigma_g + \sigma_{y0} A_y \quad (2)$$

式中,  $A_g$ 和 $A_y$ 分别为非予应力钢筋和予应力钢筋的面积,  $\sigma_{y0}$ 为有效予应力, 忽略混凝土徐变和收缩变形的影响。

在极限状态时, 对于适筋梁, 非予应力钢筋和予应力钢筋不一定同时达到屈服强度, 所以, 可以由下式确定折算的受压区高度 $x$ :

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2M_u}{R_a b}} \quad (3)$$

式中,  $M_u$ 为极限状态时截面承受的最大外力矩,  $b$ 为截面宽度,  $R_a$ 为受压区的平均压应力。于是, 可得到极限状态时的内力臂系数 $\eta$ 为:

$$\eta = (h_0 - 0.5x) / h_0 \quad (4)$$

若对受压区合力点取矩, 可得到极限状态时受拉钢筋的合拉力 $T_u$ 为:

$$T_u = \frac{M_u}{\eta h_0} \quad (5)$$

显然,  $T_u$ 应满足下式:

$$T_u \leq R_y A_y + R_g A_g \quad (6)$$

式中,  $R_g$ 和 $R_y$ 分别为非予应力钢筋和予应力钢筋的屈服强度。

由上述(2)和(6)式消去 $A_g$ 后, 可以求出 $A_y$ 的计算式为:

$$A_y = \left( \frac{M}{\eta_1 h_0 \Delta\sigma_g} - \frac{M_u}{\eta_1 h_0 \Delta\sigma_g} \right) / \left( \frac{\sigma_{y0}}{\Delta\sigma_g} - \frac{R_y}{R_g} + 1 \right) \quad (7)$$

将 $A_y$ 代入(2)式又可求得 $A_g$ 的计算式为:

$$A_g = \frac{M}{\eta_1 h_0 \Delta\sigma_g} - \left( \frac{\sigma_{y0}}{\Delta\sigma_g} + 1 \right) A_y \quad (8)$$

根据(7)式和(8)式我们可以合理的选择 $A_y$ 和 $A_g$ 的级配, 以达到满足使用阶段的裂缝控制要求, 但是, 尚应验算极限强度条件:

$$M_u \leq R_y A_y \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) + R_g A_g \left( h_0 - \frac{x}{2} \right) \quad (9)$$

$$R_a b x = R_y A_y + R_g A_g \quad (10)$$

在上述计算中, 对T形截面等情况, 应判别类型, 变换计算公式。上述计算中, 受拉边钢筋的应力增量 $\Delta\sigma_g$ 应考虑予应力的影响, 所以可按下列式计算:

$$\Delta\sigma_g = \frac{M - M_0}{\eta_1 h_0 (A_y + A_g)} \quad (11)$$

$$M_0 = \sigma_{h0} W_0 \quad (12)$$

式中,  $\sigma_{h0}$ 为有效予压应力,  $W_0$ 为换算截面抵抗矩。此时确定的予应力钢筋配量主要与截面应力状态及裂缝控制有关, 它们互为影响, 计算中不易精确确定, 而部分予应力受弯构件裂缝宽度控制直接与 $\Delta\sigma_g$ 有关, 所以, 我们也可直接由裂缝宽度 $\delta_{fmax}$ 的控制来确定 $\Delta\sigma_g$ , 采用下式较为简便<sup>[5]</sup>:

$$\delta_{fmax} = C_2 C_3 \Delta \sigma_g (3 + 0.4 \frac{d}{\mu}) \times 10^{-6} \quad (13)$$

式中,  $C_2$ ——钢筋粘结特征系数, 对变形钢筋取  $C_2 = 1.0$ , 对光面钢筋  $C_2 = 1.4$ ;  $C_3$ ——考虑时间影响系数, 可按有关规定选用, 一般可取 1.0;  $b$ ——钢筋的直径 (mm),  $\mu$ ——纵向钢筋的有效配筋率。

根据上述公式, 我们可根据部分予应力混凝土梁使用阶段抗裂度或者裂缝宽度的要求, 求得最经济的  $A_s$  值, 使得设计最佳。设计方法是假定有效配筋率后, 按 (13) 式求得  $\Delta \sigma_g$ , 然后由 (7) 式 (8) 式确定  $A_s$  和  $A_g$ , 最后验证极限强度, 再按有关规程进行最终设计。

### 3 结论

本文根据部分予应力混凝土梁使用阶段和极限状态时的受力特点, 提出了合适确定  $A_s$ ,  $A_g$  用量的方法, 并且, 考虑了裂缝控制及极限强度的条件, 使得设计在考虑双重条件下达到最佳, 避免了高予应力度, 或者盲目配置予应力钢筋的情况, 计算方法尚简单, 设计结果比较经济。但是如何准确地确定有效予应力, 给我们带来设计中的一定困难, 此问题尚应进一步研究。

### 参 考 文 献

- [1] S.E.Moustafa: Design of Partially Prestressed Concrete Flexural Members. J. PCI, V. 22, NO. 3, 1977, P. 12.
- [2] A. H. Nilson: Design of prestressed Concrete. John Wiley and sons, New York, 1978.
- [3] 南京工学院第五系: “使用荷载下出现裂缝的予应力混凝土受弯构件变形和裂缝的试验研究”, 《钢筋混凝土研究报告选集》第二集, 中国建筑工业出版社, 1981年, P 152
- [4] Edward G. Nawy, P. T. Huang: “Crack and Deflection Control of pretensioned prestressed Beams”, JPCI, May/June, 1977, Vol. 22, NO. 3
- [5] 大连工学院工程结构研究室李树瑶等: “部分予应力混凝土受弯构件裂缝宽度的简化计算方法”, 《建筑结构》

## The Optimum Method of Distribution Bar for Partially Pressed Concrete with Flexure

Zhang Baoshan      Nie Jianguo

(ZhengZhou Institute of Technology)

**Abstract:** In the paper, the characteristics of the bending members

(下转32页)

## A Method of Catching the Early Lateral Reflection of Sound.

Zhao Fengtai

(Department of civil & Arclitctural Engineering).

**Abstract :** The early lateral reflected sound energy is important to the acoustics of the auditorium. Some measurable descriptors have been presented in the past few years. But so far the measuring methods have not been standardized, and so the obtained results have not been compared. The problem is that the correct method is not found to catch the early lateral reflections of sound. This paper introduces a method using directional device and storage oscilloscope to distinguish it, and presents a way of obtaining the early lateral energy fraction.

**Keywords :** early reflections, lateral energy, spaciousness, directivity.

---

(上接26页)

with complete prestressed concrete and partially prestressed concrete and general reinforced concrete were analysed and studied in terms of the behaviour of prestressed concrete members with flexure. One optimum method for designing partially prestressed concrete members with flexure was put forward. From the method suggested in the paper, the rational design for prestressed or partially prestressed concrete bending members that meet the need of serviceability can be easily obtained and the good economic benefit can be achieved as well.

**Keywords:** prestressed concrete, distribution bar, flexure member.