

非对称配筋矩形截面小偏心受压 构件设计方法的简化*

张煜钦 丁自强 黄新慧

(郑州工学院)

(河南省建筑设计研究院)

摘 要: 本文针对非对称配筋矩形截面小偏心受压构件的配筋计算在力学和经济分析的基础上, 建议 A_s 按最小配筋率配筋, A_s 的应力 σ_s 采用专题组的试验结果, 使计算简化, 并提出了实用曲线以供查用。

关键词: 小偏心受压构件、矩形截面、非对称配筋。

中图分类号: TU375

1 问题的提出

矩形截面偏心受压构件正截面承载力计算, 水工混凝土结构设计规范(征求意见稿)给出了两个基本公式:

$$N \leq \frac{1}{\gamma_d} (f_c b x + f'_y A'_s \pm \sigma_s A_s) \quad (1)$$

$$N e \leq \frac{1}{\gamma_d} [f_c b x (h_0 - \frac{x}{2}) + f'_y A'_s (h_0 - a'_s)] \quad (2)$$

式中 N — 轴向力设计值;

e — 轴向力作用点至受拉边或受压较小边钢筋合力点之间的距离;

γ_d — 结构系数, $\gamma_d = 1.25$;

σ_s — 受拉边或受压较小边钢筋 A_s 的应力;

对 $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \xi_b$ 的大偏心受压构件, $\sigma_s = f_y$;

对 $\xi > \xi_b$ 的小偏心受压构件, σ_s 按下列公式计算:

* 收稿日期: 1993-05-17

$$\sigma_s = \frac{f_y}{\xi_h - 0.8} (\frac{x}{h_0} - 0.8)$$

(3)

上式中

$$\xi_h = \frac{0.8}{1 + \frac{f_y}{0.0033 E_s}}$$

(4)

矩形截面非对称配筋的小偏心受压构件的配筋计算, 可供利用的为上述公式(1)——(3)三个方程, 但未知数有 A_s 、 A'_s 、 σ_s 和 x 四个, 不可能得出唯一解, 因此必须利用经济条件, 即总用钢量 $A_s + A'_s$ 为最小来进行计算。即使这样, 求解过程还是繁琐的, 有必要加以简化。

2 关于 A_s 的取值

根据 ξ 的大小来分析 A_s 的合理取值。

2.1 当 $\xi_0 > \xi > \xi_b$ 时

这里 $\xi_0 = \frac{x_0}{h_0}$, x_0 为中和轴通过 A_s 重心时的混凝土受压区高度。 ξ 处于本范围时的应力图形如图 1(a), 此时 σ_s 为拉应力, 式(1)右边第三项为负号。由该式可知, A_s 的存在不但不能增加抵抗轴向力的作用, 反而起到增加 A'_s 的作用。因此, 根据用钢量最省的原则, A_s 应按最小配筋率 ρ_{min} 配筋。

2.2 当 $\xi > \xi_0$ 时

此时的应力图形如图 1(b), σ_s 为压应力, 式(1)右边第三项为正号, A_s 和 A'_s 一样对抵抗轴向力起承载作用。但是根据试验研究, 小偏心受压构件的 A'_s 在破坏时能达到屈服

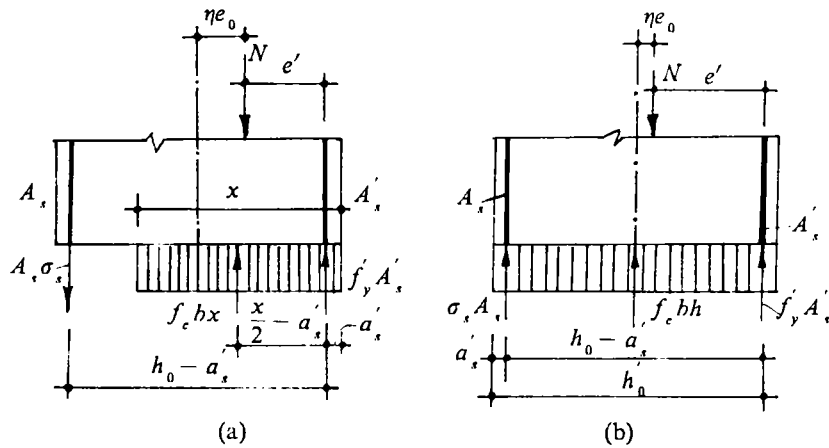


图 1

强度, 而 A_s 一般达不到。由式(1)可知, 在 $\sigma_s < f_y$ 的情况下, 同样大的钢筋面积放在 A'_s 内比放在 A_s 内能较多地抵抗轴向力。根据用钢量最省的原则 A_s 也可以按最小配筋率配

筋为最经济。

由此可见, 在小偏心受压构件的配筋计算中, 取 $A_s = \rho_{\min} b h_0$ 是合适的。

当偏心距很小, 轴向力很大时, 尚可对 A'_s 的合力点取矩来验算 A_s 按最小配筋率配筋是否足够。根据设计经验, 一般是不存在问题的。

3 关于 ξ 的简化

3.1 按公式计算 A'_s

取定 A_s 后, 按式 A'_s 完全可以按下述方法算得: 根据图 1(a), 对 A'_s 的重心取力矩, 并考虑结构系数, 得

$$N e' = \frac{1}{\gamma_d} [f_c b x (\frac{x}{2} - a'_s) - \sigma_s A_s (h_0 - a'_s)] \quad (5)$$

将式(3)的 σ_s 代入上式, 得 x 的二次方程

$$x^2 - [2a'_s - \frac{2A_s f_y (h_0 - a'_s)}{f_c b h_0 (0.8 - \xi_h)}] x - \frac{2\gamma_d N e'}{f_c b} - \frac{1.6 A_s f_y}{f_c b (0.8 - \xi_h)} (h_0 - a'_s) = 0 \quad (6)$$

将 $A_s = \rho_{\min} b h_0$ 及式(4)的 ξ_h 代入式(6), 即可解得 x , 再将 x 之值代入式(2), 得

$$A'_s = \frac{\gamma_d N e - f_c b x (h_0 - \frac{x}{2})}{f_y (h_0 - a'_s)} \quad (7)$$

在上述计算过程中, 求 x 的方法仍繁琐, 还拟进一步简化。

3.2 用图表法求 ξ

根据文献[4]的研究, 小偏心受压情况下 A_s 的应力 σ_s 与钢筋种类、等级无关, 只与 ξ 有关, 可按下式计算

$$\sigma_s = 929 - 1092\xi \quad (N/mm^2) \quad (8)$$

如图 2. 利用式(8)取代式(4)计算 σ_s 可使计算进一步简化。

当 $\rho_{\min} = 0.15\%$, 将 $A_s = 0.0015 b h_0$ 及式(8)的 σ_s 代入式(5), 并取 $x = \xi h_0$, 得

$$\gamma_d N e' - f_c b h_0^2 \xi (0.5\xi - \frac{a'_s}{h_0}) + (929 - 1092\xi) \cdot 0.0015 b h_0^2 (1 - \frac{a'_s}{h_0}) = 0 \quad (9)$$

解此 ξ 的二次方程, 得

$$\begin{aligned} \xi = & -\frac{1.638}{f_c} + (1 + \frac{1.638}{f_c}) \frac{a'_s}{h_0} \\ & + \sqrt{[\frac{1.638}{f_c} - (1 + \frac{1.638}{f_c}) \frac{a'_s}{h_0}]^2 + \frac{2\gamma_d N e'}{f_c b h_0^2} + \frac{2.787}{f_c} (1 - \frac{a'_s}{h_0})} \end{aligned} \quad (10)$$

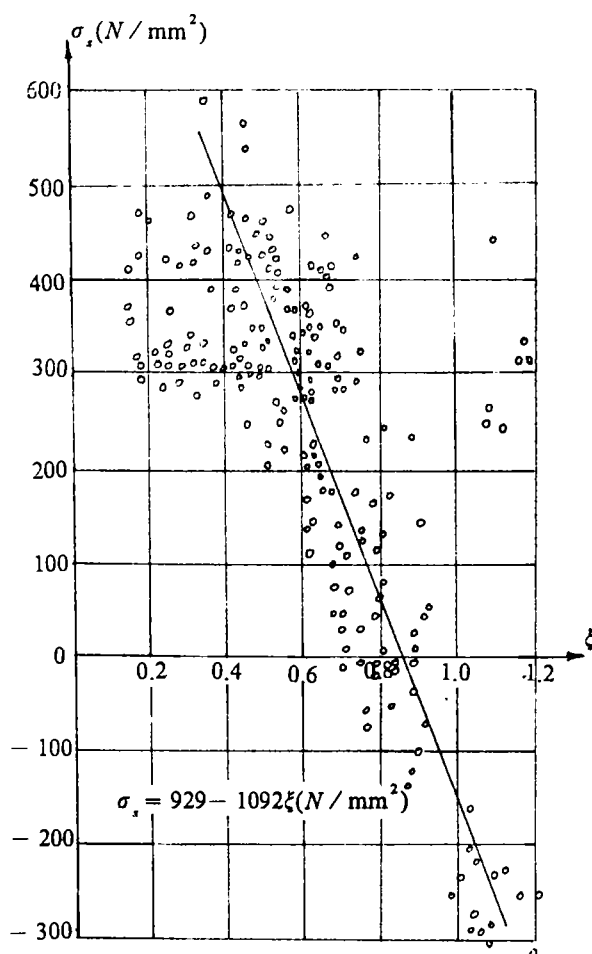
当 $\rho_{\min} = 0.002$ 时,

$$\xi = -\frac{2.184}{f_c} + (1 + \frac{2.184}{f_c}) \frac{a'_s}{h_0}$$

$$+ \sqrt{\left[\frac{2.184}{f_c} - \left(1 + \frac{2.184}{f_c}\right)\frac{a'_s}{h_o}\right]^2 + \frac{2\gamma_d Ne'}{f_c b h_o^2} + \frac{3.718}{f_c}\left(1 - \frac{a'_s}{h_o}\right)} \quad (11)$$

同样, 当 $\rho_{min} = 0.0025$ 时,

$$\xi = -\frac{2.73}{f_c} + \left(1 + \frac{2.73}{f_c}\right)\frac{a'_s}{h_o} + \sqrt{\left[\frac{2.73}{f_c} - \left(1 + \frac{2.73}{f_c}\right)\frac{a'_s}{h_o}\right]^2 + \frac{2\gamma_d Ne'}{f_c b h_o^2} + \frac{4.646}{f_c}\left(1 - \frac{a'_s}{h_o}\right)} \quad (12)$$

图2 $\sigma_s - \xi$ 关系

在式(10)——(12)中, f_c 分别按 c_{15} 至 c_{40} 考虑, $\frac{a'_s}{h_o}$ 分别取为 0.05 和 0.1, 求解得 ξ

值, 绘成曲线如图3——图5。利用上述曲线求 A'_s 时, 先计算 $\frac{\gamma_d Ne'}{b h_o^2}$, 再从图中查

得 ξ , 取 $x = \xi h_o$, 代入式(7), 即得 A'_s , 比较简便。

用简化的图表法与公式计算的 A_s 比较, 其误差分析结果如表 1, 误差均不超过 5%, 说明简化方法还是可行的。

4 按简化方法设计截面的步骤

设内力设计值 M 、 N , 截面尺寸 b 、 h 以及钢筋和混凝土等级已定, 求 A_s 和 A'_s 。

①、根据规范, 查得材料的 f_y 、 f'_y 和 f_c ; 根据 M 、 N 求得 e_o , 据此判别是否属于小偏心受压, 当为小偏心受压时, 往下计算。

②、取 $A_s = \rho_{\min} b h_o$ 。

③、计算 $\frac{\gamma_d N e'}{b h_o^2}$ 查图表得 ξ , $x = \xi h_o$ 。

④、将 x 的值代入式(7), 求得 A'_s 。

5 算例

设截面尺寸为 $b \times h = 400 \times 500 (\text{mm}^2)$ 的钢筋混凝土短柱, 承受 $N = 1786.4 \text{ kN}$, $M = 160.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$, 采用 C_{20} 级混凝土, II 级钢筋, $a_s = a'_s = 35 \text{ mm}$, 求截面的 A_s 和 A'_s 。

(1) C_{20} 级混凝土的 $f_c = 10 \text{ N/mm}^2$,

II 级钢筋 $f_y = f'_y = 310 \text{ N/mm}^2$, $h_o = h - a'_s = 500 - 35 = 465 \text{ mm}$

(2) 判别大小偏心

$$e_o = \frac{M}{N} = \frac{160.16}{1786.4} = 89.7 \text{ mm} \quad e_o < 0.32 h_o = 0.32 \times 465 = 148.8 \text{ mm}$$

属于小偏心受压。从式(4)计算 ξ_h , $\xi_h = 0.544$

(3) 按 ρ_{\min} 求 A_s , 取 $\rho_{\min} = 0.0015 b h_o$, $A_s = 0.0015 \times 400 \times 465 = 279 \text{ mm}^2$

(4) 先按(6)、(7)式分别求出 x 和 A'_s

$$e' = \frac{h}{2} - e_o - a'_s = \frac{500}{2} - 89.7 - 35 = 125.3 \text{ mm}$$

由 $x^2 + 86.2x - 198007 = 0$ 解此式得 $x = 402 \text{ mm}$

$$\xi = \frac{x}{h_o} = \frac{402}{465} = 0.86 > \xi_h, \text{ 说明判别无误。}$$

$$e = e_o + \frac{h}{2} - a_s = 89.7 + \frac{500}{2} - 35 = 304.7$$

并由(7)式可得 $A'_s = 1919.6 \text{ mm}^2$

(5) 按本文简化图表法计算

$$\frac{\gamma_d N e'}{b h_0^2} = \frac{1.25 \times 1786400 \times 125.3}{400 \times 465^2} = 3.234 \quad \frac{a'_s}{h_0} = \frac{35}{465} = 0.075$$

查图3, 得 $\xi = 0.876$

$x = 0.876 \times 465 = 407\text{mm}$ $A'_s = 1910.5\text{mm}^2$, 误差为0.47%.

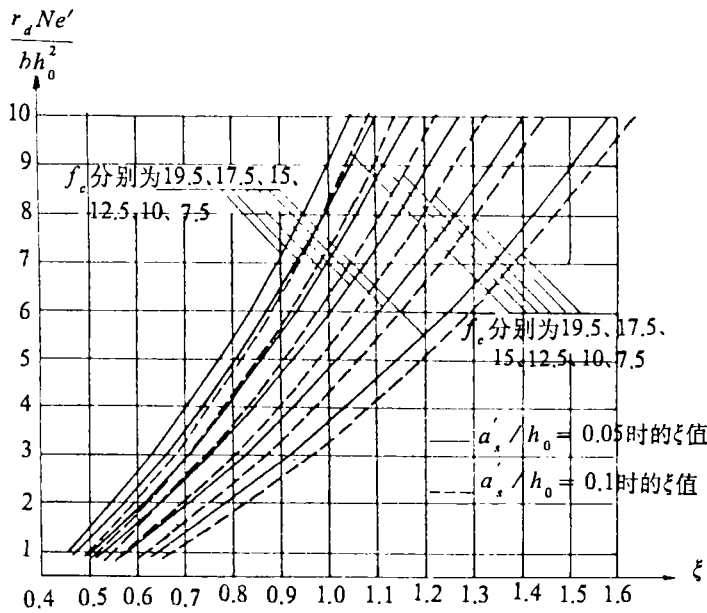


图 3 $\rho_{\min}=0.15\%$ 时的 ξ 值

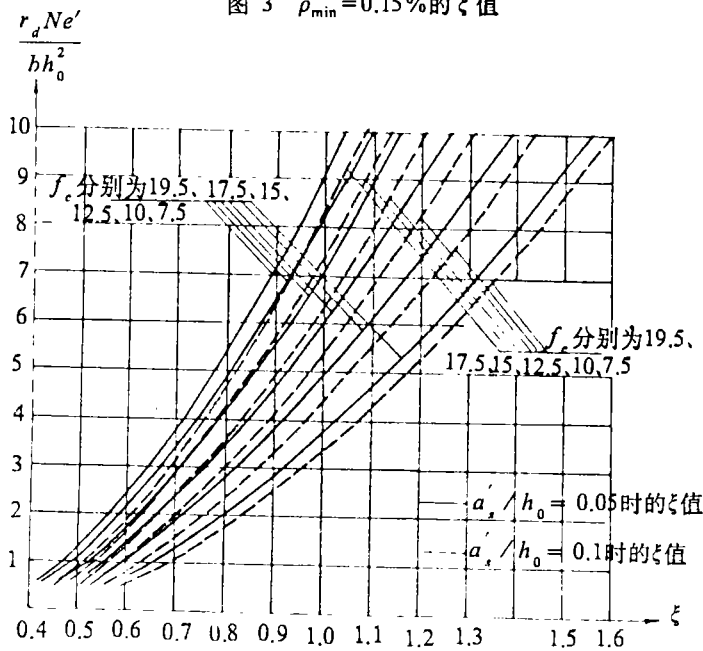


图 4 $\rho_{\min}=0.2\%$ 时的 ξ 值

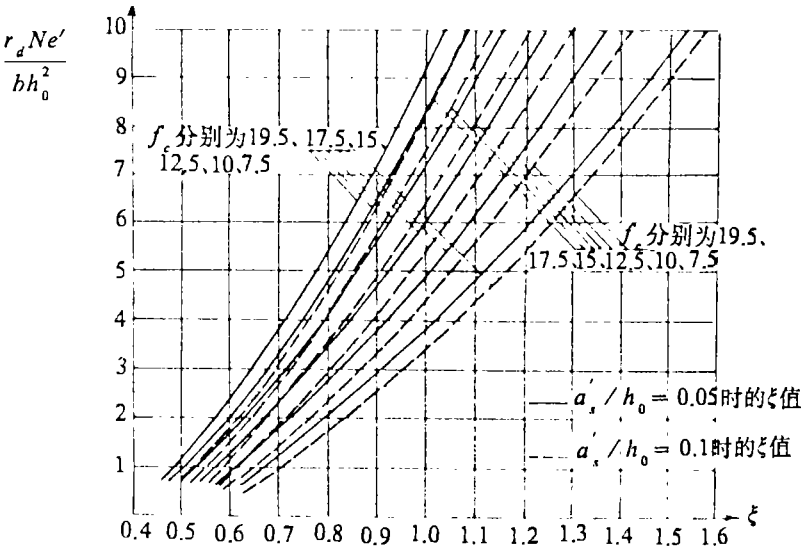


图 5 $\rho_{\min}=0.25\%$ 时的 ξ 值

表 1 $\rho_{\min}=0.2\%$ 时 A'_s 的误差值(%)

f_c	$\frac{a'_s}{h_0}$	$\gamma_d N_e' / bh_0^2$									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.5	0.05	4.033	1.206	0.273	0.042	0.181	0.256	0.302	0.318	0.355	0.371
	0.1	3.585	1.071	0.68	0.126	0.239	0.323	0.356	0.378	0.379	0.38
10	0.05	2.124	4.587	0.659	0.154	0	0.132	0.189	0.209	0.252	0.271
	0.1	1.619	2.32	0.482	0.103	0.105	0.157	0.229	0.276	0.279	0.294
12.5	0.05	1.394	2.059	1.162	0.453	0.123	0	0.094	0.134	0.177	0.195
	0.1	1.389	1.13	1.24	0.329	0.041	0.06	0.14	0.19	0.208	0.234
15	0.05	1.144	2.759	3.244	0.687	0.296	0.102	0	0.063	0.088	0.12
	0.1	0.888	2.317	3.649	0.716	0.2	0.034	0.053	0.105	0.139	0.178
17.5	0.05	0.642	1.497	1.903	1.49	0.548	0.199	0.117	0.023	0.039	0.081
	0.1	0.719	1.304	2.34	1.008	0.502	0.161	0.029	0.047	0.095	0.113
19.5	0.05	0.686	1.245	1.328	2.264	0.668	0.318	0.195	0.075	0	0.035
	0.1	0.8	1.006	3.683	2.262	0.703	0.232	0.098	0.025	0.041	0.086

$f_y=310(N/mm^2)$

参 考 文 献

- 1 能源部、水利部西北勘测设计院、水工混凝土结构设计规范修订组编. 水工混凝土结构设计规范 (征求意见稿). 1992.5.
- 2 陆竹卿, 丁大钧. 对钢筋混凝土小偏心受压构件计算公式的探讨. 建筑结构. 1983.2.
- 3 钢筋混凝土偏心受压构件研究小组. 钢筋混凝土偏心受压构件正截面强度计算方法的建议. 建筑结构. 1982.3
- 4 偏心受压构件强度专题研究组. 混凝土偏心受压构件正截面强度的试验研究. 钢筋混凝土结构研究报告集 2. 中国建筑工业出版社. 1981.

A simplification on method of design for the pressed structural member with small eccentricity and non-symmetry reinforcement placement rectangle section

Zhang Yuqin Ding Ziqiang Huang Xinhui

(Zhengzhou Institute of Technology) (The Architectural Design and Research Institute of Henan Province)

Abstract: According to the mechanic and economic analyses, for the calculation on the pressed structural member with small eccentricity and a non-symmetry reinforcement placement rectangle section, the author proposes that A_s is reinforced by minimum reinforcement ratio. Because the stress σ_s of A_s is based on the experimental results of the research group on the pressed reinforced concrete structural member with eccentricity, the calculation is simplified and a practical curve is put forward for the calculation.

Keywords: pressed structural, small eccentricity, rectangle section, non-symmetry reinforcement placement.