

钢筋混凝土结构构件 截面计算实例

冶金工业部贵阳铝镁设计院
第一机械工业部第二设计院



中国建筑工业出版社

钢筋混凝土结构构件 截面计算实例

冶金工业部贵阳铝镁设计院
第一机械工业部第二设计院

中国建筑工业出版社

本书内容包括钢筋混凝土结构构件计算及预应力混凝土结构构件计算两章，共102例，系主要根据《钢筋混凝土结构设计规范》（TJ10—74）编写的。

本书可供土建设计人员和土建类大专院校师生参考。

钢筋混凝土结构构件截面计算实例

冶金工业部贵阳铝镁设计院

第一机械工业部第二设计院

*

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：787×1092毫米1/32 印张：9 字数：203 千字

1980年1月第一版 1980年1月第一次印刷

印数：1—48,140册 定价：0.66元

统一书号：15040·3633

ZW 6/16

前 言

本书主要根据《钢筋混凝土结构设计规范》(TJ10—74) (以下简称规范) 编写。书中例题系直接应用规范公式计算, 并力求结合工程实际, 但某些例题侧重于体现规范的计算规定, 因而在工程应用时尚须满足规范有关构造等方面的要求。

近几年来, 我国有关单位, 对编制规范时遗留的问题, 开展了专题研究工作。根据试验研究资料, 并结合部分工程实践经验, 由规范主管部门组织讨论后提出几项供设计、施工单位参考的建议, 其有关内容已编入实例中。

由于我们水平有限, 对规范的理解不够深, 书中的错误和不当之处, 请读者批评指正。

在本书的编写过程中, 得到国家建委建筑科学研究院建筑结构研究所规范室的大力支持和帮助, 华东地区建筑标准设计协作组办公室、第六机械工业部第九设计院、冶金部北京钢铁设计院和一机部第八设计研究院等单位的一些同志也提供了宝贵意见, 谨此致谢。

本书的第一章由冶金工业部贵阳铝镁设计院李鸿全同志等编写, 第二章由第一机械工业部第二设计院丁龙章同志等编写。全书由李鸿全同志总成。

冶金工业部贵阳铝镁设计院
第一机械工业部第二设计院

一九七八年十一月

基本符号

内 外 力

- M ——标准荷载作用下的弯矩，简称弯矩；
 N ——标准荷载作用下的纵向力，简称纵向力；
 N_c ——考虑局部承压时的纵向力；
 N_y ——预应力钢筋的合力；
 Q ——标准荷载作用下的剪力，简称剪力；
 Q_{kh} ——斜截面上受压区混凝土和箍筋的抗剪强度；
 M_T ——标准荷载作用下的扭矩，简称扭矩。

应 力

- σ_s, σ'_s ——受拉钢筋及受压钢筋的应力；
 σ_k ——预应力钢筋的张拉控制应力；
 σ_y, σ'_y ——扣除相应阶段预应力损失后，受拉区及受压区的预应力钢筋的应力；
 σ_s, σ'_s ——受拉区及受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失；
 σ, σ_h ——由外荷载及预加应力产生的混凝土法向应力；
 σ'_{ys} ——强度计算时，受压区预应力钢筋 A'_s 的设计应力；
 σ_{z1}, σ_{z0} ——混凝土的主拉应力及主压应力；
 $\sigma_{max}^b, \sigma_{min}^b$ ——构件疲劳验算时，截面同一纤维上的混凝土最大应力及最小应力；
 τ ——混凝土的剪应力。

材料指标

- E_p ——钢筋的弹性模量；
 E_h ——混凝土的弹性模量；
 E_h^p ——混凝土的疲劳变形模量；
 R_g, R'_g ——钢筋抗拉及抗压设计强度；
 R_y, R'_y ——预应力钢筋抗拉及抗压设计强度；
 R ——混凝土的立方强度；
 R_a ——混凝土的轴心抗压设计强度；
 R_{be} ——混凝土的弯曲抗压设计强度；
 R_t ——混凝土的抗拉设计强度；
 R_f ——混凝土的抗裂设计强度；
 R' ——相应于施工阶段的混凝土立方强度。

几何特征

- a, a' ——自钢筋 A_g 与 A_y 及 A'_g 与 A'_y 的合力点，分别到截面近边的距离；
 a_g, a'_g ——自钢筋 A_g 及 A'_g 的合力点，分别到截面近边的距离；
 a_k ——单肢箍筋的截面面积；
 A_y, A'_y ——纵向受拉及纵向受压钢筋的截面面积；
 A_y, A'_y ——受拉区及受压区的纵向预应力钢筋截面面积；
 A ——构件截面面积；
 A_0 ——构件换算截面面积；
 A_c ——混凝土局部承压面积；
 A_d ——局部承压时的计算底面积；
 A'_h ——混凝土受压区的截面面积；
 A_{he} ——构件核芯的截面面积；
 A_k ——配置在同一截面内箍筋各肢的全部截面面积；

- A_{so} ——配置在同一弯起平面内的弯起钢筋截面面积；
 b ——矩形截面的宽度，T形和工字形截面的肋宽；
 b_i, b'_i ——T形、工字形截面受拉及受压区的翼缘宽度；
 d ——圆截面的直径或钢筋直径；
 d_{he} ——构件的核芯直径；
 e, e' ——纵向力作用点至钢筋 A_{st} 与 A_{st} 及 A'_s 与 A'_s 合力点之间的距离；
 e_0 ——纵向力作用点至截面重心的距离（偏心距）；
 h ——截面高度；
 h_0 ——截面的有效高度；
 h_i, h'_i ——T形、工字形截面受拉区及受压区的翼缘高度；
 J ——截面的惯性矩；
 J_0 ——换算截面的惯性矩；
 s ——沿构件轴线方向间接钢筋的间距，或螺旋式钢筋的螺距，或箍筋的间距；
 S_0 ——混凝土有效截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 S_h ——混凝土受压区截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 S_y ——受压钢筋截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 S_y ——受压区预应力钢筋截面面积对受拉钢筋合力点的面积矩；
 W ——混凝土截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 W_0 ——换算截面受拉边缘的弹性抵抗矩；
 x ——混凝土受压区高度；
 z ——纵向受拉钢筋的合力点至受压区合力点之间的距离；

z_h ——纵向受拉钢筋的合力点至受压区混凝土合力点之间的距离。

计 算 系 数

K ——强度设计安全系数；

K_f ——抗裂设计安全系数；

n ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值

$$\left(n = \frac{E_g}{E_h} \right) ;$$

α ——线膨胀系数；

φ ——纵向弯曲系数；

μ ——配筋率或摩擦系数；

μ_t ——间接钢筋的体积配筋率；

η ——考虑挠度影响的纵向力偏心距增大系数；

β ——混凝土局部承压时的强度提高系数；

ρ ——疲劳验算时截面同一纤维上钢筋或混凝土的最小应力和最大应力的比值

$$\left(\rho = \frac{\sigma_{g \min}^p}{\sigma_{g \max}^p} \text{ 或 } \frac{\sigma_{\min}^p}{\sigma_{\max}^p} \right), \text{ 简称疲劳应力比值；}$$

B ——刚度；

f ——挠度；

δ_f ——裂缝宽度；

ψ ——裂缝之间受拉钢筋应变不均匀分布系数；

γ ——截面的弹塑性抵抗矩与弹性抵抗矩的比值，简称截面抵抗矩的塑性系数。

注：凡符号上有肩注“ p ”字样者，均系疲劳验算时所用的相应符号，例如：

M^p ——验算疲劳强度时取用的弯矩；

R_w^p ——混凝土弯曲抗压的疲劳设计强度。

目 录

基本符号

第一章 钢筋混凝土结构构件计算	1
第一节 强度计算	1
(一) 轴心受压构件	1
(二) 轴心受拉构件	4
(三) 受弯构件	4
(四) 偏心受压构件	32
(五) 偏心受拉构件	76
(六) 受扭计算	83
(七) 局部承压	85
(八) 冲切计算	88
第二节 变形、抗裂度和裂缝宽度验算	91
(一) 变形验算	91
(二) 抗裂度验算	98
(三) 裂缝宽度验算	99
第三节 疲劳验算	105
第四节 其他计算	111
(一) 实腹牛腿	111
(二) 空腹牛腿	112
(三) 集中荷载作用处的附加横向钢筋	114
(四) 梁折角处的增设箍筋	115
(五) 吊环	116
第二章 预应力混凝土结构构件计算	117
第一节 使用阶段强度计算和抗裂度验算	117

(一) 轴心受压构件	117
(二) 轴心受拉构件	121
(三) 受弯构件	133
(四) 偏心受压构件	213
(五) 偏心受拉构件	231
(六) 局部承压	237
第二节 变形验算	239
第三节 施工阶段验算	242
第四节 疲劳验算	246
附录	263
参考文献	280

第一章 钢筋混凝土结构构件计算

第一节 强 度 计 算

(一) 轴心受压构件

例1 已知轴心受压柱的截面为 40×40 厘米，计算长度 $l_0 = 6.4$ 米；200号混凝土，Ⅱ级钢筋；承受纵向压力 $N = 111$ 吨。

求：当柱配有一般箍筋时其纵向钢筋的截面面积 A'_s 。

解 以 $\frac{l_0}{b} = \frac{640}{40} = 16$ 查附录表12得 $\varphi = 0.87$ 。

按规范公式 (12)

$$A'_s = \frac{\frac{KN}{\varphi} - R_a A}{R'_s} = \frac{\frac{1.55 \times 111000}{0.87} - 110 \times 40 \times 40}{3400} = 6.5 \text{ 厘米}^2$$

例2 已知现浇轴心受压柱的截面为 25×25 厘米，计算长度 $l_0 = 5$ 米；150号混凝土，Ⅰ级钢筋；纵向钢筋 $4\phi 25$ ，在纵向钢筋上焊有横向钢筋。

求：柱所能承受的最大纵向压力 N 值。

解 1. 根据附录表4注③规定，由于截面的长边尺寸小于30厘米，且为现浇构件， R_a 应乘以0.8系数，即 $R_a = 85 \times 0.8 = 68$ 公斤/厘米²。

2. 按规范第 37 条规定, 由于柱纵向钢筋配筋百分率

$$\mu = \frac{A'_r}{A} = \frac{19.64}{25 \times 25} = 3.15\% > 3\%, A \text{ 应改用 } A_h, A_h = A - A'_g。$$

$$3. \text{ 以 } \frac{l_0}{b} = \frac{500}{25} = 20 \text{ 查附录表 12 得 } \varphi = 0.75。$$

按规范公式 (12)

$$\begin{aligned} N &= \frac{\varphi(R_a A_h + R'_g A'_g)}{K} \\ &= \frac{0.75[68(25 \times 25 - 19.64) + 2400 \times 19.64]}{1.55} \\ &= 42700 \text{ 公斤} \end{aligned}$$

柱所能承受的最大纵向压力为 42.7 吨。

注: 本例柱中纵向受力钢筋配筋百分率超过 3%, 箍筋配置应符合规范第 200 条“四”的规定。

例 3 已知圆形截面的轴心受压柱, 见图 1-1, $d = 30$ 厘米, $d_{hc} = 25$ 厘米, 计算长度 $l_0 = 3$ 米; 200 号混凝土, 纵向钢筋 8 $\Phi 14$, $A'_g = 12.3$ 厘米², 间接钢筋采用 $\Phi 8$ 螺旋式配筋, 间距 $s = 5$ 厘米。

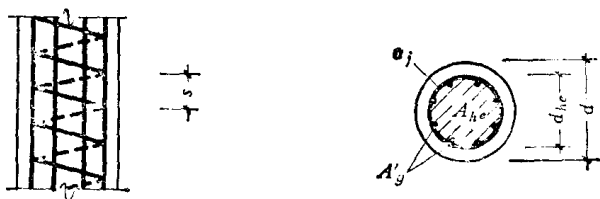


图 1-1

求: 柱所能承受的最大纵向压力 N 值。

解 构件截面面积

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 30^2}{4} = 707 \text{ 厘米}^2$$

构件的核芯截面面积

$$A_{hc} = \frac{\pi d_{hc}^2}{4} = \frac{3.14 \times 25^2}{4} = 491 \text{ 厘米}^2$$

间接钢筋的换算截面面积

$$A_{ig} = \frac{\pi d_{hc} a_j}{s} = \frac{3.14 \times 25 \times 0.503}{5} = 7.85 \text{ 厘米}^2$$

1. 计算中考虑间接钢筋的影响时:

按规范公式 (13)

$$\begin{aligned} N_1 &= \frac{R_a A_{hc} + R'_g A'_g + 2 R_g A_{ig}}{K} \\ &= \frac{110 \times 491 + 3400 \times 12.3 + 2 \times 2400 \times 7.85}{1.55} \\ &= 86100 \text{ 公斤} \end{aligned}$$

2. 计算中不考虑间接钢筋的影响时:

$$\text{以 } \frac{l_0}{d} = \frac{300}{30} = 10 \text{ 查附录表12得 } \varphi = 0.96。$$

按规范公式 (12)

$$\begin{aligned} N_2 &= \frac{\varphi (R_a A + R'_g A'_g)}{K} \\ &= \frac{0.96 (110 \times 707 + 3400 \times 12.3)}{1.55} \\ &= 74600 \text{ 公斤} \end{aligned}$$

3. 确定 N 的取值:

$$\text{由于 } \frac{l_0}{d} = \frac{300}{30} = 10 < 12,$$

$$\frac{A_{ig}}{A_g} = \frac{7.85}{12.3} = 0.64 = 64\% > 25\%;$$

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{86100}{74600} = 1.16 < 1.5。$$

符合规范第38条注，故在计算中应考虑间接钢筋的影响。取柱所能承受的最大纵向压力 $N = 86100$ 公斤。

注：间接钢筋的配置应符合规范第201条有关规定。

（二）轴心受拉构件

例 4 已知一轴心受拉构件配置纵向钢筋 $4\Phi 14$ ， $A_g = 6.15$ 厘米²，承受纵向拉力 $N = 12$ 吨。

求：验算杆件能否满足承载力要求。

解 按规范公式 (14)

$$N = \frac{R_g A_g}{K} = \frac{3400 \times 6.15}{1.4} = 14900 \text{ 公斤} = 14.9 \text{ 吨} >$$

12吨

满足要求。

当为不允许出现裂缝的轴心受拉构件，其计算应根据规范第五章第二节进行。

（三）受弯构件

1. 单筋矩形截面

例 5 已知单筋矩形截面的尺寸 $b = 25$ 厘米， $h = 50$ 厘米； $a_g = 3.5$ 厘米；150号混凝土，I级钢筋，承受弯矩 $M = 10$ 吨米。

求：受拉钢筋截面面积 A_g 。

解 1 采用规范公式计算。

1. 计算混凝土受压区高度：

$$h_0 = h - a'_g = 50 - 3.5 = 46.5 \text{ 厘米}$$

按规范公式 (21)，并以 $A'_g = 0$ 代入

$$KM = R_w b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)$$

经推导可得^①：

$$\begin{aligned} x &= h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2KM}{R_w b}} = 46.5 \\ &= \sqrt{46.5^2 - \frac{2 \times 1.4 \times 1000000}{105 \times 25}} \\ &= 13 \text{ 厘米} < 0.55h_0 = 25.6 \text{ 厘米} \end{aligned}$$

符合规范公式 (17)。

2. 计算受拉钢筋截面面积：

按规范公式 (22)，并以 $A'_g = 0$ 代入

$$A_g = \frac{R_w b x}{R_g} = \frac{105 \times 25 \times 13}{2400} = 14.2 \text{ 厘米}^2$$

解 2 采用附录表 23 计算。

1. 验核单筋截面条件：

$$A_0 = \frac{KM}{bh_0^2 R_w} = \frac{1.4 \times 1000000}{25 \times 46.5^2 \times 105} = 0.248 < 0.4$$

① 当 $A'_g = 0$ 时，规范公式 (21) 即为：

$$KM = R_w b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right) = R_w b x h_0 - \frac{R_w b x^2}{2}$$

经整理得： $x = h_0 \pm \sqrt{h_0^2 - \frac{2KM}{R_w b}}$ ，结果有二个根，因大于 h_0 的 x 值不合实际要求，故取：

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2KM}{R_w b}}$$

符合规范公式 (17) ①。

2. 计算受拉钢筋截面面积:

以 $A_0 = 0.248$ 查附录表 23 得 $\xi = 0.29$ 。

$$A_g = \xi b h_0 \frac{R_w}{R_g} = 0.29 \times 25 \times 46.5 \times \frac{105}{2400} = 14.2 \text{ 厘米}^2$$

例 6 已知单筋矩形截面的尺寸 $b = 20$ 厘米, $h = 45$ 厘米; $a_g = 3$ 厘米; 150 号混凝土, I 级钢筋, $A_g = 8.04$ 厘米²。

求: 截面所能承受的最大弯矩 M 值。

解 1 采用规范公式计算。

1. 计算混凝土受压区高度:

$$h_0 = h - a_g = 45 - 3 = 42 \text{ 厘米}$$

按规范公式 (22) 并以 $A'_g = 0$ 代入

$$x = \frac{R_g A_g}{R_w b} = \frac{2400 \times 8.04}{105 \times 20}$$

$$= 9.2 \text{ 厘米} < 0.55 h_0 = 23.1 \text{ 厘米}$$

符合规范公式 (17)。

2. 计算截面所能承受的最大弯矩值:

按规范公式 (21) 并以 $A'_g = 0$ 代入

① 当用 A_0 值来验核单筋截面的限制条件时可推导如下:

按规范公式 (17), $x = 0.55 h_0$, 即 $\xi = \frac{x}{h_0} \leq \frac{0.55 h_0}{h_0} = 0.55$, 查附录表

23, 当 $\xi \leq 0.55$ 时, $A_0 \leq 0.4$ 。

故当 $A_0 \leq 0.4$ 时, 即符合规范公式 (17) 的条件 $x \leq 0.55 h_0$, 可采用单筋截面。

若 $A_0 > 0.4$ 时, 单筋截面已不够, 这时或考虑采用双筋截面, 或增加截面高度。

$$M = \frac{R_w b x \left(h_0 - \frac{x}{2} \right)}{K} = \frac{105 \times 20 \times 9.2 \times \left(42 - \frac{9.2}{2} \right)}{1.4}$$

$$= 516000 \text{ 公斤厘米}$$

解 2 采用附录表23计算。

1. 验核单筋截面条件:

$$\xi = \frac{x}{h_0} = \frac{A_g R_g}{b h_0 R_w} = \frac{8.04 \times 2400}{20 \times 42 \times 105} = 0.22$$

查附录表23得 $A_0 = 0.196 < 0.4$, 符合规范公式 (17) (见例5推导)。

2. 计算截面所能承受的最大弯矩值:

$$M = \frac{A_0 b h_0^2 R_w}{K} = \frac{0.196 \times 20 \times 42^2 \times 105}{1.4}$$

$$= 516000 \text{ 公斤厘米}$$

2. 双筋矩形截面

例 7 已知双筋矩形截面 (图1-2) 的尺寸 $b = 20$ 厘米, $h = 40$ 厘米; $a_g = a'_g = 3$ 厘米; 150号混凝土, I级钢筋; 承受弯矩 $M = 9$ 吨米。

求: 受拉及受压钢筋截面面积 A_g 及 A'_g 。

解 1. 验算截面条件:

$$h_0 = h - a_g = 40 - 3 = 37 \text{ 厘米}$$

按附录表23注中的公式

$$A_0 = \frac{K M}{b h_0^2 R_w} = \frac{1.4 \times 900000}{20 \times 37^2 \times 105} = 0.439 > 0.4$$

单筋截面已不够 (见例5推导), 当截面高度受到限制不能增加时, 应考虑是否可采用双筋截面。

由于 $A_0 = 0.439 < 0.5$, 符合规范公式 (19) 双筋截面条

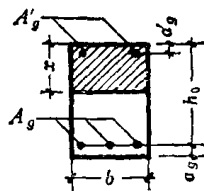


图 1-2