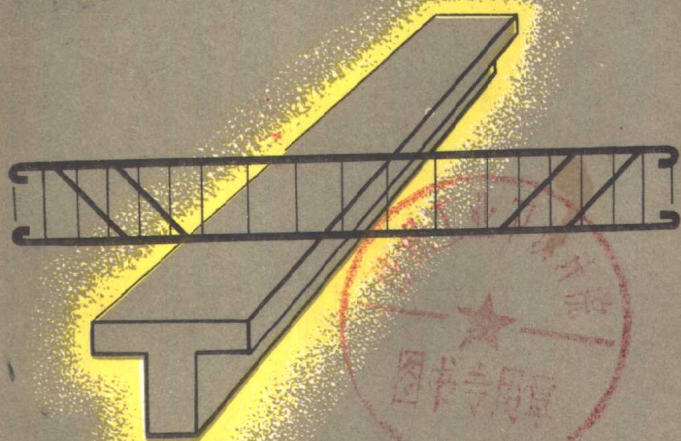


92214/94

035419

钢筋混凝土构件 设计与验算



人民铁道出版社

钢 筋 混 凝 土 构 件 设 计 与 验 算

何希樵 周曙 编

人 民 铁 道 出 版 社

1 9 7 9 年 · 北 京

内 容 简 介

本书对不同受力情况下各种常用截面构件的强度设计与验算,按容许应力法全部采用系数查表计算,列举了算例。

本书可供土建技术人员设计计算中参考。

钢筋混凝土构件设计与验算

何希樵 周曙 编

人民铁道出版社出版

责任编辑 王能远 封面设计 翟 达

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本: 787×1092 1/32 印张: 8.25 插页: 1 字数: 202 千

1979年6月第1版 1979年6月第1次印刷

印数: 0001—78,000册 定价: 0.87元

主要符号说明

- a, a' 分别为受拉钢筋及受压钢筋的重心至最近边缘的距离（厘米）；
- a_1 受拉钢筋面积系数，用在 $A_g = \frac{M}{a_1 h_0}$ 和 $A_g = \frac{NE}{a_1 h_0 i}$ ；
- A_g, A'_g 分别为受拉钢筋及受压钢筋面积（厘米²）；
- A_h 混凝土构件横截面面积（厘米²）；
- A_k 箍筋截面面积（厘米²）；
- b 矩形截面宽度或T形截面梗的宽度（厘米）；
- b_i T形截面上翼缘宽度（厘米）；
- B 等于 $\sin\alpha + \cos\alpha$ ，用在斜筋的计算；
- c 受压钢筋系数，用在 $A'_g = \frac{M - KF}{c h_0}$ 和 $A'_g = \frac{NE - KF}{c h_0}$ ；
- C 压应力合力（公斤）；
- c_1, c'_1 等于 $\frac{\sigma_k A_k}{1000N}$ ，分别为矩形截面及圆形截面小偏心受压柱混凝土应力系数；
- c_2, c'_2 等于 $\frac{\sigma_k A_k}{1000N}$ ，分别为矩形截面及圆形截面大偏心受压柱混凝土应力系数；
- d 混凝土柱圆形截面的直径（厘米）；
- d' 混凝土柱圆形截面钢筋中心线的直径（厘米）；

D 等于 $\frac{1}{1+np}$ ，在小偏心受压柱混凝土应力的计算时用；

e, e' 分别为轴向力 N 至受拉钢筋重心及受压钢筋重心的距离（厘米）；

e_0 轴向力 N 至截面中心的距离（厘米）；

E 轴向力 N 至受拉钢筋重心的距离（米）；

E_0 轴向力 N 至截面中心的距离（米）；

E_h, E_g 分别为混凝土及钢筋的弹性模量（公斤/厘米²）；

F 等于 $\frac{bh_0^2}{100,000}$ ，在决定混凝土的抵抗弯矩时用；

g 矩形截面柱的两侧钢筋间的距离与截面高度之比；

G 等于 $\frac{6}{1+3g^2np}$ 或 $\frac{8}{1+2\left(\frac{r'}{r}\right)^2 np}$ ，分别用在矩

形截面或圆形截面小偏心受压柱混凝土应力的计算；

h 截面高度（厘米）；

h_0 截面有效高度（厘米）；

h'_0 受拉钢筋至截面中心的距离（厘米）；

i 等于 $\frac{1}{1 - \frac{j h_0}{e}}$ ，为计算偏心受压截面的钢筋

系数；

I 惯性矩（厘米⁴）；

I_k 箍筋指标；

j 拉力钢筋至压应力合力间的距离（ $j h_0$ ）与截

- 面有效高度 (h_0) 之比;
- k 截面受压外缘至中性轴的距离 (kh_0) 与截面有效高度 (h_0) 之比;
- K 等于 $\frac{1}{2}\sigma_h j k$;
- m 等于 $np + (n-1)p'$, 用在决定 k 值;
- M 计算弯矩 (吨-米);
- M_r 抵抗弯矩 (吨-米);
- n 等于 E_s/E_h , 为钢筋弹性模量与混凝土弹性模量之比;
- N 计算轴向力或法向力 (吨);
- N_h 箍筋的根数;
- p, p' 分别为受拉钢筋及受压钢筋配筋率;
- q 等于 $np + (n-1)p' \frac{a'}{h_0}$, 用在决定 k 值;
- Q 剪力 (吨);
- r 圆形截面半径 (厘米);
- r' 圆形截面钢筋中心线半径 (厘米);
- s_h 箍筋的间距 (厘米);
- s 剪力图底边长 (米);
- T 拉应力的合力 (公斤);
- u 截面受压外缘至压应力合力间的距离 (ukh_0) 与截面受压高度 (kh_0) 之比;
- W 换算截面模量 (厘米³);
- x 等于 kh_0 , 为截面受压外缘至中性轴的距离 (厘米);
- y T形截面的翼缘外缘至压应力合力间的距离 (yh'_1) 与翼缘高度 (h'_1) 之比;

- z 等于 $j h_0$ ，为内偶力的力臂（厘米）；
 α 斜筋与纵向筋的夹角；
 β, γ 用在圆形截面柱大偏心受压的计算；
 θ 裂缝与纵向筋的夹角；
 σ_g, σ'_g 分别为钢筋拉应力及压应力（公斤/厘米²）；
 σ_h 混凝土压应力（公斤/厘米²）；
 σ_k 箍筋应力（公斤/厘米²）；
 τ 剪应力（公斤/厘米²）。

注： 非常用的符号在有关章节内另行注解。

目 录

第一章 计算公式及推导.....	1
第一节 挠曲构件的设计.....	1
第二节 挠曲构件的验算.....	10
第三节 箍筋及斜筋的设计.....	15
第四节 柱的设计及验算.....	23
第二章 计算图表.....	42
表 2—1 矩形截面系数 (k, j, p, K, a_1)	43
表 2—2 矩形及 T 形截面抵抗弯矩系数 (F)	50
表 2—3 矩形及 T 形截面受压钢筋系数 (c)	53
表 2—4 T 形截面系数 (K 及 a_1)	83
表 2—5 T 形截面系数 (j, y)	108
表 2—6 偏心受压截面钢筋系数 (i)	110
表 2—7 单筋及双筋矩形截面钢筋系数 (q)	114
表 2—8 双筋矩形截面压应力点的位置系数 (u)	118
表 2—9 单筋及双筋矩形截面内偶力的力臂 系数 (j)	120
表 2—10 钢筋的锚固规定	122
表 2—11 矩形截面柱大、小偏心受压判别式 及小偏心受压混凝土应力系数(c_1)表	123
表 2—12 矩形截面柱大偏心受压偏心距系数 ($\frac{e_0}{h}$)	126
表 2—13 矩形截面柱大偏心受压混凝土应力 系数(c_2)	152

表 2—14	圆形截面柱大、小偏心受压判别式 及小偏心受压混凝土应力系数(c'_1)	158
--------	--	-----

表 2—15	圆形截面柱($K < 1$)大偏心受压偏 心距($\frac{e_0}{d}$) 系数	161
--------	--	-----

表 2—16	圆形截面柱大偏心受压混凝土应力 系数(c'_1)	182
--------	---------------------------------	-----

表 2—17	截圆系数	190
--------	------	-----

表 2—18	圆弧系数	197
--------	------	-----

表 2—19	钢筋面积、周长及重量	204
--------	------------	-----

图 2—1	箍筋间距	插页
-------	------	----

第三章 例题		205
--------	--	-----

第一节 挠曲构件的设计		205
-------------	--	-----

例 1	受弯, 单筋矩形截面设计	205
-----	--------------	-----

例 2	受弯, 双筋矩形截面设计	206
-----	--------------	-----

例 3	受弯, 单筋 T 形截面设计 (不考虑梗 内压力)	207
-----	------------------------------	-----

例 4	受弯, 双筋 T 形截面设计 (考虑梗内 压力)	208
-----	-----------------------------	-----

例 5	偏心受压, 单筋矩形截面设计	210
-----	----------------	-----

例 6	偏心受压, 双筋矩形截面设计	211
-----	----------------	-----

例 7	偏心受压, 单筋 T 形截面设计 (不考 虑梗内压力)	212
-----	--------------------------------	-----

例 8	偏心受压, 双筋 T 形截面设计 (考虑 梗内压力)	213
-----	-------------------------------	-----

例 9	偏心受拉, 双筋矩形截面设计	215
-----	----------------	-----

第二节 挠曲构件的验算		217
-------------	--	-----

例 10	受弯, 单筋矩形截面验算	217
------	--------------	-----

例11	受弯, 双筋矩形截面验算	218
例12	受弯, 单筋T形截面验算 (不考虑梗内压力)	219
例13	受弯, 单筋T形截面验算 (考虑梗内压力)	220
例14	受弯, 双筋T形截面验算 (考虑梗内压力)	221
例15	偏心受压, 单筋矩形截面验算	223
例16	偏心受压, 双筋矩形截面验算	224
例17	偏心受压, 单筋T形截面验算 (不考虑梗内压力)	225
例18	偏心受压, 单筋T形截面验算 (考虑梗内压力)	227
例19	偏心受压, 双筋T形截面验算 (考虑梗内压力)	229
例20	偏心受拉, 单筋矩形截面验算	231
例21	偏心受拉, 双筋矩形截面验算	232
第三节	箍筋及斜筋的设计	234
例22	三角形剪力图形箍筋设计	234
例23	梯形剪力图形箍筋设计	235
例24	三角形剪力图形斜筋设计	236
例25	梯形剪力图形斜筋设计	237
第四节	柱的设计及验算	238
例26	小偏心受压, 矩形截面柱	238
例27	大偏心受压, 矩形截面柱	240
例28	小偏心受压, 圆形截面柱	241
例29	大偏心受压, 圆形截面柱	243
例30	大偏心受压, 圆形空心截面柱	244

第一章 计算公式及推导

第一节 挠曲构件的设计

挠曲构件的受力情况有两种：一、单纯承受弯矩（以后简称受弯），二、在承受弯矩的同时还承受轴向力（以后简称偏心受压）。构件采用的截面形式为矩形及T形。为了简化挠曲构件的设计（或验算）以及各种计算表，将受弯与偏心受压的两种受力情况的计算公式演化为同一形式，以尽量使公式与表对两者都能通用。

偏心受压的挠曲构件与受偏心荷载的柱在计算理论上是相同的，所不同的是在构造上，柱两侧的钢筋一般是对称布置的。因此，柱的计算步骤、计算公式及其表均比偏心受压的挠曲构件简单得多。所以，对偏心矩较小且两侧钢筋对称布置的矩形截面挠曲构件，可以采用柱的计算公式与计算表。同时，矩形截面的柱，当其偏心距很大，中性轴位置 $k < 0.3$ 超出柱的计算表的范围时（无论两侧钢筋布置是对称的或不对称的），也可以采用偏心受压挠曲构件的计算公式与计算表。

（一）矩形截面

1. 截面尺寸的计算

矩形截面的截面系数

$$k = \sqrt{2np + (np)^2} - np$$

$$\text{或 } k = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_g}{n\sigma_h}} \quad \text{见表 2-1} \quad (1)$$

$$j = 1 - \frac{k}{3} \quad \text{见表 2-1} \quad (2)$$

$$K = \sigma_g p j \quad \text{或} \quad \frac{1}{2} \sigma_h k j \quad \text{或} \quad \frac{M_r}{F} \quad \text{见表 2-1} \quad (3)$$

式中 $F = \frac{b h_0^2}{100,000} \circ$ 见表 2-2

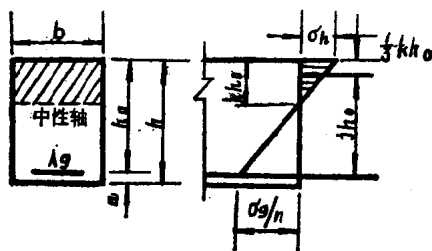


图 1-1

证：

本手册钢筋混凝土构件的计算原则系应用应力与应变成正比的定律（虎克定律）及平截面的假设理论（别尔奴利假设理论）。即：

$$\varepsilon_h = \frac{\sigma_h}{E_h} \text{ 及 } \varepsilon_g = \frac{\sigma_g}{E_g}$$

同时

$$\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_g} = \frac{k h_0}{h_0 - k h_0} = \frac{k}{1 - k}$$

因此

$$\frac{\varepsilon_h}{\varepsilon_g} = \frac{\frac{\sigma_h}{E_h}}{\frac{\sigma_g}{E_g}} = \frac{\sigma_h E_g}{\sigma_g E_h} = \frac{n \sigma_h}{\sigma_g}$$

$$\frac{n \sigma_h}{\sigma_g} = \frac{k}{1 - k}$$

$$n \sigma_h (1 - k) = \sigma_g k$$

$$n\sigma_h = \sigma_g k + n\sigma_h k$$

$$k = \frac{n\sigma_h}{n\sigma_h + \sigma_g} = \frac{1}{1 + \frac{\sigma_g}{n\sigma_h}}$$

由于 $C = \frac{\sigma_h b k h_0}{2}$ 及 $T = \sigma_g A_g = \sigma_g p b h_0$

所以 $C = \frac{\sigma_h b k h_0}{2} = T = \sigma_g p b h_0$

$$\frac{\sigma_g}{\sigma_h} = \frac{b k h_0}{2 p b h_0} = \frac{k}{2 p}$$

$$\frac{k}{2 p} = \frac{n(1-k)}{k}$$

$$k^2 = 2 n p (1-k)$$

$$k^2 + 2 n p k + (n p)^2 = 2 n p + (n p)^2$$

$$k = \sqrt{2 n p + (n p)^2} - n p$$

自图 1-1 $h_0 = j h_0 + \frac{k h_0}{3}$ 或 $j = 1 - \frac{k}{3}$

$$M_r = C \times j h_0 = \frac{\sigma_h b k h_0}{2} \times j h_0 = \frac{\sigma_h}{2} j k b h_0^2$$

或 $M_r = T \times j h_0 = \sigma_g A_g j h_0 = \sigma_g p j b h_0^2$

令 $\frac{\sigma_h}{2} j k$ 或 $\sigma_g p j = K$

则 $M_r = K b h_0^2$

M_r 以吨-米计, 则得:

$$M_r = K \frac{b h_0^2}{100,000} = K F$$

式中

$$F = \frac{b h_0^2}{100,000}$$

2. 受拉钢筋的计算

受弯构件

$$A_g = \frac{M(\text{kg-cm})}{\sigma_g j h_0} = \frac{M(\text{t-m})}{\frac{\sigma_g j h_0}{100,000}} = \frac{M}{a_1 h_0} \quad (4)$$

式中

$$a_1 = \frac{\sigma_g j}{100,000} \quad \text{见表 2-1 及表 2-4}$$

偏心受压构件

$$A_g = \frac{NE}{a_1 h_0 i} \quad i \text{ 值见表 2-6} \quad (5)$$

证：

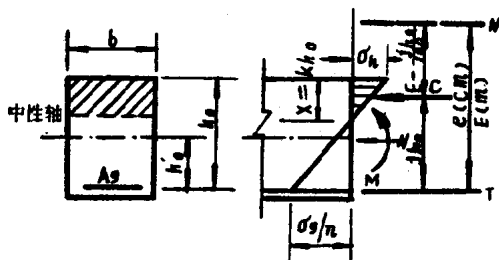


图 1-2

计算弯矩 M 及轴向力 N 对受拉钢筋 T 的弯矩：

$$M + N \frac{h'_0}{100}$$

相当偏心荷载 N 对受拉钢筋 T 的弯矩： NE

$$E = \frac{M}{N} + \frac{h'_0}{100} \quad \text{或} \quad e = \frac{100M}{N} + h'_0$$

对 C 的弯矩：

$$N \left(E - \frac{j h_0}{100} \right) = \frac{A_g \sigma_g j h_0}{100,000}$$

所以

$$A_g = \frac{100,000 NE}{\sigma_g j h_0} \left(1 - \frac{j h_0}{100 E} \right)$$

以 e 代替括号中 $100E$ 并以 a_1 代替 $\frac{\sigma_s j}{100,000}$ 则:

$$A_g = \frac{NE}{a_1 h_0 i}$$

式中 $i = \frac{1}{1 - \frac{j h_0}{e}}$ 。(见表 2-6)

受弯构件 $E = \infty$, $NE = M$ 及 $i = 1$, 所以公式 $A_g = \frac{NE}{a_1 h_0 i}$ 对受弯和偏心受压构件均能应用。

由于 A_g 及 i 都必须正值, 因此公式 (5) 只适用于当 $e > j h_0$ 。在 $e < j h_0$ 时, 可按照本章第四节偏心荷载柱计算。

受拉钢筋配筋率

受弯构件

$$p = \frac{A_g}{b h_0} \text{ 或 } \frac{\sigma_s k}{2 \sigma_s} \quad \text{见表 2-1} \quad (6)$$

偏心受压构件

$$p = \frac{\sigma_s k}{2 \sigma_s i} \quad \text{见表 2-6} \quad (7)$$

证:

由以上证明 $A_g = \frac{NE}{a_1 h_0 i} = \frac{100,000 NE}{\sigma_s j h_0 i}$

同时 $p = \frac{A_g}{b h_0}$

可得 $p = \frac{100,000 NE}{\sigma_s j b h_0^2 i}$

因为 $100,000 NE = Mr = k b h_0^2$

则 $p = \frac{K b h_0^2}{\sigma_s j b h_0^2 i} = \frac{K}{j \sigma_s i}$

以 $\frac{1}{2} \sigma_s k j$ 代替 K

$$p = \frac{\frac{1}{2} \sigma_h k j}{j \sigma_g i} = \frac{\sigma_h k}{2 \sigma_g i}$$

3. 双筋截面受压钢筋计算

受弯构件

$$A'_g = \frac{M - KF}{c h_0} \quad (8)$$

偏心受压构件

$$A'_g = \frac{NE - KF}{c h_0} \quad (9)$$

式中

$$c = \frac{\sigma_g}{100,000} \times \frac{n-1}{n} \times \frac{\left(1 - \frac{a'}{h_0}\right) \left(k - \frac{a'}{h_0}\right)}{1-k}。$$

见表 2-3

当计算弯矩大于混凝土抵抗弯矩（亦即当 $M > KF$ 或 $NE > KF$ ）而截面又不宜加大时，就需要布置受压钢筋。

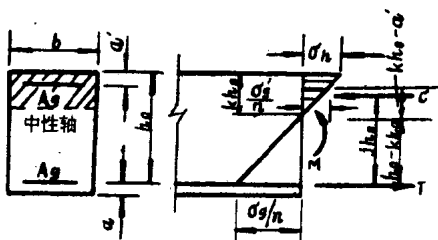


图 1-3

证：

取对受拉钢筋 T 的弯矩

$$\begin{aligned} M \text{ kg-cm} &\approx \frac{1}{2} \sigma_h b k h_0 \times j h_0 + \frac{n-1}{n} A'_g \sigma'_g (h_0 - a') \\ &= K b h_0^2 + \frac{n-1}{n} A'_g \sigma'_g (h_0 - a') \end{aligned}$$

注：式中用 j 代替 $(1-k/3)$ 是近似值，误差不大，有利简化。

因为

$$K = \frac{1}{2} \sigma_{jk}$$

$$M_{t-m} = \frac{K b h_0^2}{100,000} + \frac{A'_g \sigma'_g}{100,000} \times \frac{n-1}{n} \left(1 - \frac{a'}{h_0} \right) h_0$$

以 F 代替 $\frac{b h_0}{100,000}$ ，并根据相似三角形的关系

$$\frac{\frac{\sigma'_g}{n}}{\frac{\sigma_g}{n}} = \frac{k h_0 - a'}{h_0 - k h_0} \quad \text{或} \quad \sigma'_g = \sigma_g \frac{\left(k - \frac{a'}{h_0} \right)}{1 - k}$$

所以

$$M_{t-m} = K F + \frac{A'_g \sigma_g}{100,000} \times \frac{k - \frac{a'}{h_0}}{1 - k} \times \frac{n-1}{n} \left(1 - \frac{a'}{h_0} \right) h_0$$

$$\text{令 } c = \frac{\sigma_g}{100,000} \times \frac{n-1}{n} \times \frac{\left(1 - \frac{a'}{h_0} \right) \left(k - \frac{a'}{h_0} \right)}{1 - k}$$

$$\text{解出} \quad A'_g = \frac{M - K F}{c h_0} \quad (\text{受弯构件})$$

偏心受压构件，计算弯矩及轴向力对受拉钢筋的弯矩为

$$M + N \frac{h'_0}{100} \quad \text{或} \quad N \left(\frac{M}{N} + \frac{h'_0}{100} \right) \quad \text{或} \quad N E$$

从以上证明中，可知压应力对受拉钢筋的弯矩，受弯构件与偏心受压构件相同，二者唯一不同的是在计算弯矩上， M 简单地代以 $N E$ ，得出公式（9）。所以，表 2—3 的 c 值能适用于该两种受力情况。

4. 双筋截面（有受压钢筋）受拉钢筋计算

受弯构件的公式（4）及偏心受压的公式（5）计算得出的受拉钢筋是足够精确的。但是，当 h_0 及 P 较大时宜采用下列公式