

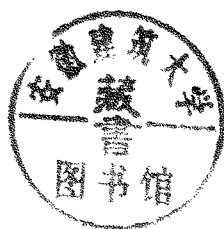
混凝土结构构件 截面计算实例

熊飞 邬剑刚 编著

武汉工业大学出版社

混凝土结构构件截面 计算实例

熊 飞 邬剑刚 编著



武汉工业大学出版社

内 容 提 要

本书系根据《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)编写。书中例题应用《规范》公式计算,并力求结合工程实际。

本书可作为大专院校土建专业师生以及土建工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

混凝土结构构件截面计算实例/熊飞,邬剑刚编著. —武汉:武汉工业大学出版社, 1996. 12

ISBN 7-5629-1239-4

I. 混… II 熊… III. 混凝土结构-截面分析-计算 IV. TU370.1

武汉工业大学出版社出版发行

(武汉市武昌珞狮路14号 邮政编码430070)

各地新华书店经销

华中理工大学出版社印刷厂印刷

* * *

开本:787×1092 1/16 印张:13.125 字数:328千字

1996年12月第一版 1996年12月第一次印刷

印数:1—2000册

定价:15.00元

前 言

本书根据《混凝土结构设计规范》(GBJ10—89)(以下及本书正文均简称《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,尚需满足《规范》有关构造等方面的要求。

本书经中南建筑设计院林长青高级工程师审稿。《预应力混凝土结构》部分例题还经该院黎文清高级工程师审校,谨此一并致谢。

作者

1995.10

主要符号

作用和作用效应

- M, N ——弯矩设计值、轴向力设计值；
 M_s, M_l ——按荷载短期效应组合、长期效应组合计算的弯矩值；
 N_s, N_l ——按荷载短期效应组合、长期效应组合计算的轴向力值；
 N_{ux}, N_{uy} ——轴向力作用于 x 轴、 y 轴的偏心受压或偏心受拉承载力设计值；
 N_p ——后张法构件预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
 N_{po} ——混凝土法向应力等于零时预应力钢筋及非预应力钢筋的合力；
 N_{uo} ——构件的截面轴心受压或轴心受拉承载力设计值；
 M_u ——构件的正截面受弯承载力设计值；
 M_{cr} ——受弯构件正截面开裂弯矩值；
 T ——扭矩设计值；
 V ——剪力设计值；
 V_{cs} ——构件斜截面上混凝土和箍筋的受剪承载力设计值；
 F_l ——局部荷载设计值或集中反力设计值；
 σ_{sc}, σ_{lc} ——荷载的短期效应组合、长期效应组合下抗裂验算边缘混凝土的法向应力；
 σ_{pc} ——由预加应力产生的混凝土法向应力；
 σ_{tp}, σ_{cp} ——混凝土中主拉应力、主压应力；
 $\sigma_{cmax}^f, \sigma_{cmin}^f$ ——疲劳验算时受拉区或受压区边缘纤维混凝土的最大应力、最小应力；
 σ_s, σ_p ——正截面承载力计算中纵向普通钢筋、预应力钢筋的应力；
 σ_{ss} ——按荷载的短期效应组合计算的纵向受拉钢筋应力或等效应力；
 σ_{con} ——预应力钢筋张拉控制应力；
 σ_{po} ——预应力钢筋合力点处混凝土法向应力等于零时的预应力钢筋应力；
 σ_{pe} ——预应力钢筋的有效预应力；
 σ_l, σ_l' ——受拉区、受压区预应力钢筋在相应阶段的预应力损失值；
 τ ——混凝土的剪应力；
 ω_{max} ——考虑裂缝宽度分布的不均匀性和荷载长期效应相合影响的最大裂缝宽度；
 B ——受弯构件的截面刚度；
 F_{vs}, F_{hs} ——作用于牛腿顶部按荷载短期效应组合计算的竖向力值、水平力值；
 F_v, F_h ——作用在牛腿顶部的竖向力设计值、水平拉力设计值；
 B_s, B_l ——受弯构件的截面短期刚度、长期刚度。

几何参数

- a, a' ——纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点至截面近边的距离；
 a_s, a_s' ——纵向非预应力受拉钢筋合力点、受压钢筋合力点至截面近边的距离；

a_p, a_p' ——受拉区纵向预应力钢筋合力点、受压区纵向预应力钢筋合力点至截面近边的距离；

b ——矩形截面宽度、T形截面及I形截面腹板的宽度；

b_t', b_t ——T形或I形截面受压区、受拉区的翼缘宽度；

d ——圆形截面的直径或钢筋直径；

c ——混凝土保护层厚度；

e, e' ——轴向力作用点至纵向受拉钢筋合力点、纵向受压钢筋合力点的距离；

e_0 ——轴向力对截面重心的偏心距；

e_a ——附加偏心距；

e_i ——初始偏心距；

h_0 ——截面有效高度；

h_t, h_t' ——T形或I形截面受拉区、受压区的翼缘高度；

r_c ——曲率半径；

l_a ——纵向受拉钢筋的最小锚固长度；

l_0 ——计算跨度或计算长度；

i ——回转半径；

s ——沿构件轴线上横向钢筋的间距或螺旋筋的间距或箍筋的间距；

x ——混凝土受压区高度；

y_0, y_n ——换算截面重心、净截面重心至所计算纤维的距离；

z ——纵向受拉钢筋合力点至混凝土受压区合力点之间的距离；

A ——构件截面面积；

A_0 ——构件换算截面面积；

A_n ——构件净截面面积；

A_p, A_p' ——受拉区、受压区纵向预应力钢筋的截面面积；

A_{sv1}, A_{st1} ——在受剪、受扭计算中单肢箍筋的截面面积；

A_{sv}, A_{sh} ——同一截面内各肢竖向、水平箍筋的全部截面面积；

A_{sb}, A_{pb} ——同一弯起平面内非预应力、预应力弯起钢筋的截面面积；

A_l ——混凝土局部受压面积；

A_{cor} ——混凝土局部受压面积；

A_{cor} ——钢筋网、螺旋配筋或箍筋范围以内的混凝土核芯面积；

W ——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；

W_n ——净截面受拉边缘的弹性抵抗矩；

I ——截面惯性矩；

I_0 ——换算截面惯性矩；

I_n ——净截面惯性矩。

材料性能

E_c ——混凝土弹性模量；

E_c^t ——混凝土疲劳变形模量；
 G_c ——混凝土剪变模量；
 V_c ——混凝土泊松比；
 E_s ——钢筋弹性模量；
 f_{cu}' ——边长为 150mm 的施工阶段混凝土立方体抗压强度；
 f_{ck}, f_c ——混凝土轴心抗压强度标准值、设计值；
 f_{cmk}, f_{cin} ——混凝土弯曲抗压强度标准值、设计值；
 f_{tk}, f_t ——混凝土轴心抗拉强度标准值、设计值；
 f_{ck}', f_{tk}' ——施工阶段的混凝土轴心抗压、抗拉强度标准值；
 f_{yk}, f_{pyk} ——普通钢筋、预应力钢筋强度标准值；
 f_y, f_y' ——普通钢筋的抗拉、抗压强度设计值；
 f_{py}, f_{py}' ——预应力钢筋的抗拉、抗压强度设计值。

计算系数及其它

α_c ——混凝土线膨胀系数；
 α_{ct} ——混凝土拉应力限制系数；
 α_E ——钢筋弹性模量与混凝土弹性模量的比值；
 β ——混凝土局部受压时的强度提高系数；
 γ ——受拉区混凝土塑性影响系数；
 η ——偏心受压构件考虑挠曲影响的轴向力偏心距增大系数；
 λ ——计算截面的剪跨比；
 μ ——摩擦系数；
 ρ ——纵向钢筋筋率；
 ρ_{sv}, ρ_{sh} ——竖向箍筋、水平箍筋或竖向分布钢筋水平分布钢筋的配筋率；
 ρ_v ——间接钢筋或箍筋的体积配筋率；
 φ ——轴心受压构件的稳定系数；
 θ ——考虑荷载长期效应组合对挠度增大的影响系数；
 ψ ——裂缝间纵向受拉钢筋应变不均匀系数。

目 录

第一篇 钢筋混凝土结构构件计算	(1)
第一章 承载力极限状态计算	(3)
第一节 轴心受压构件承载力计算	(3)
第二节 轴心受拉构件正截面承载力计算	(9)
第三节 受弯构件正截面承载力计算	(10)
第四节 偏心受压构件正截面承载力计算	(34)
第五节 偏心受拉构件正截面承载力计算	(60)
第六节 受弯构件斜截面受剪承载力计算	(66)
第七节 受扭构件承载力计算	(73)
第八节 局部承压承载力计算	(81)
第九节 冲切强度计算	(83)
第二章 正常使用极限状态验算	(86)
第一节 受弯构件挠度验算	(86)
第二节 裂缝宽度验算	(94)
第三节 抗裂验算	(100)
第三章 疲劳验算	(102)
第一节 疲劳破坏和材料疲劳强度	(102)
第二节 对斜截面疲劳验算方法的改进	(102)
第四章 其它计算	(106)
第一节 牛腿计算	(106)
第二节 集中荷载作用处的附加横向钢筋	(107)
第三节 梁折角处的增设箍筋	(108)
第四节 吊环	(108)
第五节 楼梯	(109)
第六节 雨篷	(111)
第七节 受弯构件承载力快速计算法	(116)
第八节 异形截面梁正截面承载力计算	(120)
第九节 V形折板	(124)
第十节 墙梁	(127)
第十一节 深梁	(129)
第十二节 钢筋代换的简捷计算	(131)
第二篇 预应力混凝土结构构件设计与计算	(135)
第一章 使用阶段承载力计算和抗裂验算	(137)
第一节 轴心受压构件	(137)
第二节 轴心受拉构件	(139)
第三节 受弯构件	(143)
第四节 偏心受压构件	(169)
第五节 偏心受拉构件	(175)
第六节 局部承压	(177)

第二章 变形验算	(179)
第三章 施工阶段验算	(180)
第四章 疲劳验算	(182)
第五章 构件设计	(187)
附表一	(199)
参考文献	(199)

第一篇 钢筋混凝土结构构件计算

第一章 承载力极限状态计算

纵向外力通过受压构件截面形心的构件称为轴心受压构件。在实际工程结构中,理想的轴心受压构件几乎是不存在的。通常由于荷载作用位置的偏差、配筋的不对称,以及施工制造的误差等原因,往往存有或多或少的初始偏心距。但有些构件,如恒载较大的等跨多层房屋的中间柱以及桁架的受压腹杆等,因为主要承受轴向压力,弯矩很小,一般忽略弯矩的影响,近似按轴心受压构件设计。

钢筋混凝土柱按照箍筋的作用和配置方式的不同,可分为两种:①纵向钢筋及普通箍筋柱;②纵向钢筋及螺旋钢筋(或焊接环筋)。

纵向钢筋及普通箍筋柱的截面形状多为正方形或矩形,纵向钢筋沿横截面四周对称布置,沿柱高有等间距布置的箍筋(图 1-1a)。轴心受压构件的承载力主要由混凝土负担,设置纵向钢筋的目的是:(1)协助混凝土承受压力,减小构件截面的尺寸;(2)承受可能有不大的弯矩,以及混凝土收缩及温度变形引起的拉应力;(3)防止构件突然的脆性破坏。横向箍筋的作用是为了纵向钢筋的压屈、改善构件的延性并与纵筋形成钢筋骨架。

螺旋钢筋柱的截面形状为圆形或八角形(图 1-1b)。纵筋沿截面成圆形布置,外围设有连续缠绕的间距较密的螺旋筋(或间距较密的焊接环式箍筋)。设置较密间距的箍筋,可防止截面中间部分(核芯)混凝土受压时的横向扩张(成为约束混凝土),提高其抗压强度,并可改善构件的延性。

第一节 轴心受压构件承载力计算

一、箍筋柱计算

(一) 基本计算公式

轴心受压构件的抗压能力按下列公式计算

$$N = \varphi(f_c A + f_y' A_s') \quad \text{《规范》(4.1.13)}$$

式中 N —— 轴向力设计值;

A —— 构件截面面积;

A_s' —— 全部受压钢筋截面面积;

f_c —— 混凝土的轴心抗压强度设计值;

f_y' —— 纵向钢筋的抗压强度设计值;

φ —— 轴心受压构件的稳定系数,按《规范》表 4.1.13 采用。

当纵向钢筋配筋率大于 3% 时,公式(4.1.13)中 A 应改用 $A_n, A_n = A - A_s'$ 。

对于受压构件的计算长度 l_0 的取值,是与其两端支承情况及有无侧移等因素有关。《规范》对各种具体情况下的构件计算长度作了不同取值的规定:

1. 一般多层房屋的钢筋混凝土框架各层柱的计算长度取为:当为现浇楼盖时,底层柱 $l_0=1.0H$,其余各层柱 $l_0=1.25H$,当为装配式楼盖时,底层柱 $l_0=1.25H$,其余各层柱 $l_0=1.5H$ 。

2. 可按无侧移考虑的钢筋混凝土框架结构,如具有非轻质隔墙的多层房屋,当为三跨及三跨以上或为两跨且房屋总宽度不小于房屋总高度 $1/3$ 时,其各层框架柱的计算长度:

当为现浇楼盖时: $l_0=0.7H$

当为装配式楼盖时: $l_0=1.0H$

3. 不设楼板或楼板上开孔较大的多层钢筋混凝土框架柱以及无抗侧向力刚性墙体的单跨钢筋混凝土框架柱的计算长度,应根据可靠设计经验或按计算确定。

上述 H 的取值,对底层柱 H 为基础面到一层楼盖顶面之间的距离,对其余各层 H 取为上下两层楼盖顶面之间的距离。

(二) 计算实例

[例1] 某无侧移多层现浇钢筋混凝土框架结构的第二层中柱,承受轴心压力设计值 $N=1480\text{kN}$,楼层高 $H=5.4\text{m}$,混凝土强度等级为C20($f_c=10\text{N/mm}^2$),用Ⅰ级钢筋配筋($f_y'=310\text{N/mm}^2$),试设计此柱截面及配筋。

解

1. 假定 $\rho'=\frac{A_s'}{A}=0.8\%$, $\varphi=1.0$,则由《规范》公式(4.1.13)可求得

$$A = \frac{N}{\varphi(f_c + \rho' f_y')} = \frac{1480000}{1(10 + 0.008 \times 310)} \text{mm}^2 = 118600 \text{mm}^2$$

采用正方形则 $b=h=\sqrt{118600}\text{mm}=344\text{mm}$,

取 $b=h=350\text{mm}$ 。

2. 计算 l_0 及 φ

现浇楼盖时 $l_0=0.7H=0.7 \times 5.4\text{m}=3.78\text{m}$,

则 $\frac{l_0}{b}=\frac{3780}{350}=10.8$,

由《规范》表4.1.13查得 $\varphi=0.968$ 。

3. 求 A_s'

$$A_s' = \frac{\frac{N}{\varphi} - f_c A}{f_y'} = \frac{\frac{1480000}{0.968} - 10 \times 350 \times 350}{310} \text{mm}^2 = 980.4 \text{mm}^2$$

选用 $4\Phi 18$, $A_s'=1017\text{mm}^2$ 。

[例2] 已知轴心受压柱的截面为 $400\text{mm} \times 400\text{mm}$,计算长度 $l_0=6.4\text{m}$,混凝土强度等级为C20,Ⅰ级钢筋,承受轴心压力设计值 1665kN 。求:当配有一般箍筋时,其纵向钢筋截面面积 A_s' 。

解:以 $\frac{l_0}{b}=\frac{6400}{400}=16$ 查《规范》表4.1.13,得 $\varphi=0.87$ 。按《规范》公式(4.1.13)

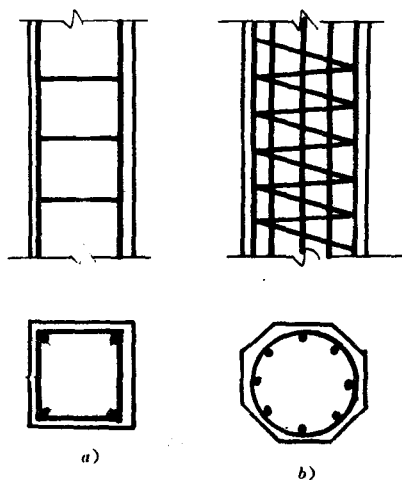


图 1-1

$$A_s' = \frac{\frac{N}{\varphi} - f_c A}{f_y'} = \frac{\frac{1665000}{0.87} - 10 \times 400 \times 400}{310} \text{mm}^2 = 1012 \text{mm}^2$$

【例3】已知现浇轴心受压柱的截面为 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$, 计算长度 $l_0 = 5\text{m}$, C15 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: 柱所能承受的最大轴心压力设计值 N 。

解: 1. 根据《规范》表 2.1.4 注①的规定, 由于截面长边小于 300mm , 且为现浇构件, f_c 应乘以 0.8 系数, 即 $f_c = 0.8 \times 7.5\text{N/mm}^2 = 6\text{N/mm}^2$ 。

2. 按《规范》第 4.1.13 条规定, 由于柱纵向钢筋配筋率 $\rho' = \frac{A_s'}{A} = \frac{1964}{250 \times 250} = 3.14\% > 3\%$, A 应改用 A_n , $A_n = A - A_s' = [(250 \times 250) - 1964]\text{mm}^2 = 60536\text{mm}^2$

3. 以 $\frac{l_0}{b} = \frac{5000}{250} = 20$, 查《规范》表 4.1.13 得 $\varphi = 0.75$, 按《规范》公式 (4.1.13)

$$N = \varphi(f_c A_n + f_y' A_s') = 0.75[6.0 \times 60563 + 210 \times 1964] \\ = 581742\text{N} = 582\text{kN}$$

(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 7.3.3 条“四”的规定。)

【例4】某钢筋混凝土轴心受压柱, 柱高 $H = 6.3\text{m}$, 柱底固定, 柱顶为不移动铰, 承受轴心压力设计值 $N = 1850\text{kN}$ (包括自重), 采用 C20 级混凝土及 I 级钢筋, 求柱截面尺寸并配置纵筋及钢箍。

解: 1. 估算截面尺寸

先假定 $\rho' = 0.01$ 及 $\varphi = 1$,

$$A = \frac{N}{\varphi(f_c + \rho' f_y')} = \frac{1850000}{(10 + 0.01 \times 210)} \text{mm}^2 = 152892.6 \text{mm}^2$$

正方形柱边长 $b = \sqrt{152892.6} \text{mm} = 391\text{mm}$, 取 $b = 400\text{mm}$ 。

2. 求稳定系数 φ

$$l_0 = 0.7H = 0.7 \times 6300\text{mm} = 4410\text{mm}$$

$$\frac{l_0}{b} = \frac{4410}{400} \approx 11, \text{查表得 } \varphi = 0.965$$

3. 求 A_s'

$$A_s' = \frac{\frac{N}{\varphi} - f_c A}{f_y'} = \frac{\frac{1850 \times 10^3}{0.965} - 10 \times 160000}{210} \text{mm}^2 = 1510 \text{mm}^2$$

4. 配筋

选用 $4\phi 22$, $A_s' = 1520\text{mm}^2$, 采用单个钢箍 $\phi 6$ @300, ($< 15d = 15 \times 22\text{mm} = 330\text{mm}$) 柱截面钢筋布置如图 1-2。

【例5】某现浇钢筋混凝土轴心受压柱, 柱高 $H = 4.5\text{m}$, 两端为不移动铰支座, 柱截面为 $250\text{mm} \times 250\text{mm}$, 用 C20 级混凝土, I 级钢筋, 配有纵向钢筋 $4\phi 20$, 试计算该截面能承受多大的设计轴向压力。

解: 1. 已知截面面积

$$A = 250 \times 250 \text{mm}^2 = 62500 \text{mm}^2$$

$$A_s' = 1256 \text{mm}^2, \rho' = \frac{A_s'}{A} = \frac{1256}{62500} \approx 0.02$$

(符合《规范》表 6.1.15 的规定)

2. 求 φ

$$l_0 = 1.0H = 4.5\text{m}, \frac{l_0}{b} = \frac{4500}{250} = 18, \text{查得 } \varphi = 0.81$$

3. 求 N

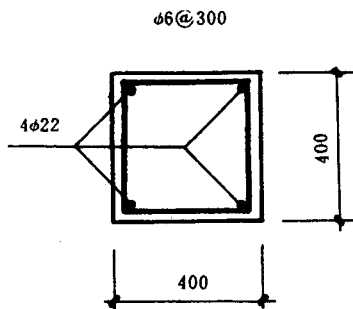


图 1-2

截面边长小于 300mm 的现浇混凝土柱, f_c 应乘以 0.8 的强度折减系数。

$$N = \varphi(f_c A + f_y' A_s') = 0.81(0.8 \times 10 \times 62500 + 310 \times 1256) \text{ N} \\ = 720400 \text{ N} = 720.4 \text{ kN}.$$

二、螺旋箍筋或焊接环式间接柱计算

(一) 基本计算公式

配有螺旋箍筋柱的承载力可按下列公式计算

$$N \leq f_c A_{\text{cor}} + f_y' A_s' + 2f_y A_{\text{ss0}} \quad \text{《规范》公式(4.1.14)}$$

式中 A_{cor} —— 构件的核芯截面面积;

f_y —— 螺旋钢筋的抗拉强度设计值;

A_{ss0} —— 螺旋式或焊接环式间接钢筋的换算截面面积,

$$A_{\text{ss0}} = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{ss1}}}{s};$$

d_{cor} —— 构件的核芯直径;

A_{ss1} —— 螺旋式或焊接环式间接钢筋的单根截面面积;

s —— 沿构件轴线方向螺旋钢筋的间距。

按《规范》公式(4.1.14)算得构件承载力不应比按《规范》公式(4.1.13)算得的大 50%。

凡属下列情况之一者, 不考虑间接钢筋影响, 而按《规范》公式(4.1.13)计算构件的承载力。

1. 当 $\frac{l_0}{d} > 12$ 时;

2. 当按《规范》公式(4.1.14)算得的承载力小于按《规范》公式(4.1.13)算得的承载力时;

3. 当间接钢筋的换算截面面积 A_{ss0} 小于纵向钢筋全部截面面积 25% 时。

此外, 间接钢筋的间距不应大于 80mm 及 $\frac{d_{\text{cor}}}{5}$, 同时不应小于 40mm。

(二) 计算实例

[例 6] 有一轴心受压螺旋箍筋柱(图 1-3), 截面为圆形, 直径 $d=400\text{mm}$, 计算长度 $l_0=4\text{m}$, 纵向钢筋 $8\Phi 22, A_s'=3041\text{mm}^2$, 混凝土为 C30, 保护层为 25mm, 螺旋箍筋为 $\Phi 10$, 螺距 $s=60\text{mm}$, 求该柱能承受的最大轴向压力设计值。

解: 1. 先按普通箍筋柱计算能承受的轴向压力设计值 N_{01}

$$A_s' = 3041 \text{ mm}^2,$$

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi \times 400^2}{4} \text{ mm}^2 = 125664 \text{ mm}^2$$

$$\rho' = \frac{3041}{125664} = 2.42\% < 3\%$$

$$\frac{l_0}{d} = \frac{4000}{400} = 10, \text{查表得 } \varphi = 0.958$$

因此 $N_{01} = \varphi(f_y' A_s' + f_c A) = 0.958(310 \times 3041 + 15 \times 125664) \text{ N}$

$$= 2708.62 \text{ kN}$$

2. 按螺旋箍筋计算能承受的轴向压力设计值 N_{02} ; 核芯混凝土取螺旋箍筋内表面所包围的部分

$$d_{\text{cor}} = (400 - 2 \times 25) \text{ mm} = 350 \text{ mm}$$

核芯混凝土面积:

$$A_{cor} = \frac{\pi \times 350^2}{4} \text{mm}^2 = 96211 \text{mm}^2$$

螺旋箍筋的换算截面面积

$$A_{so} = \frac{\pi d_{cor} A_{s1}}{60} = \frac{\pi \times 350 \times 78.5}{60} \text{mm}^2 = 1439 \text{mm}^2$$

(注: 78.5mm² 为单根螺旋筋面积, 60 为螺旋距)

$$\frac{A_{so}}{A_s'} = \frac{1439}{3041} = 0.47$$

$$\begin{aligned} N_{u2} &= f_c A_{cor} + f_y' A_s' + 2f_y A_{so} \\ &= (15 \times 96211 + 310 \times 3041 + 2 \times 210 \times 1439) \text{N} \\ &= 2990.25 \text{kN} \end{aligned}$$

(符合《规范》第 4.1.14 条中的注)

【例 7】某宾馆底层门厅内的一根现浇钢筋混凝土柱, 所承受的轴向压力设计值 $N=2400\text{kN}$, 从基础顶面到二层楼面的高度为 5.2m, 混凝土强度等级 C30 ($f_c=15\text{N/mm}^2$), I 级钢筋 ($f_y'=310\text{N/mm}^2$), 箍筋用 I 级钢筋 ($f_y=210\text{N/mm}^2$), 按照建筑设计要求, 柱截面应为圆形, 且结构直径不宜大于 350mm, 试进行该柱的设计。

解: 根据所给情况, 可以选用普通箍筋柱, 也可以选螺旋箍筋柱, 现将计算方法分述于下。

1. 采用普通箍筋柱

根据《混凝土结构设计规范》, 本例建筑底层柱的计算长度 l_0 在房屋满足规定条件的情况下可取为自基础顶面到二层楼面高度的 0.7 倍 (具体规定详见《设计规范》), 即

$$l_0 = 0.7 \times 5200 \text{mm} = 3640 \text{mm}, \text{ 于是}$$

$$\frac{l_0}{d} = \frac{3640}{350} = 10.4, \text{ 得压屈系数 } \varphi = 0.952$$

圆形截面柱的截面面积为

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.142 \times 350^2}{4} \text{mm}^2 = 96211 \text{mm}^2$$

预计到本例纵筋配筋率将超过 3%, 故应从截面面积中减去纵筋截面面积, 于是《规范》公式 (4.1.13) 即可改写为下列形式

$$\begin{aligned} N &= \varphi [f_c (A - A_s') + f_y' A_s'] \\ A_s' &= \frac{\frac{N}{\varphi} - f_c A}{f_y' - f_c} = \frac{\frac{2400000}{0.952} - 15 \times 96211}{310 - 15} \text{mm}^2 = 3653.7 \text{mm}^2 \end{aligned}$$

实选 8Φ25, $A_s'=3927\text{mm}^2$, 配筋率即为

$$\rho' = \frac{A_s'}{A} = \frac{3927}{96210} = 4.08\% > 3\%$$

由于配筋率已高于 3%, 故按《规范》规定, 箍筋直径不宜小于 8mm, 且应焊成封闭环式, 其间距不应大于 $10d$ (d 为纵筋最小直径) 及 200mm, 故选箍筋直径为 8mm, 间距为 200mm。

2. 采用螺旋箍筋柱

可先选定纵筋为 8Φ22, $A_s'=3041\text{mm}^2$, 并取纵筋的混凝土保护层为 25mm, 预计螺旋箍为 Φ10,

$$d_{cor} = (350 - 2 \times 25) \text{mm} = 300 \text{mm}$$

$$A_{cor} = \frac{\pi 300^2}{4} \text{mm}^2 = 70686 \text{mm}^2$$

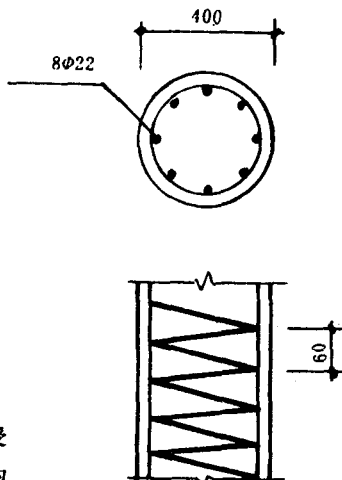


图 1-3

由于对柱截面的纵筋配筋率 $\rho = \frac{3041}{96211} = 3.16\%$ 已经超过了 3% , 对柱核芯截面的配筋率将会更高, 按下列公式进行承载力验算

$$A_{\text{ss0}} \geq \frac{N - [f_c A_{\text{cor}} + (f_y' - f_c) A_s']}{2f_y \left(1 - \frac{A_s'}{A_{\text{cor}}}\right)}$$

$$= \frac{2400000 - [15 \times 70686 + (310 - 15) \times 3041]}{2 \times 210 \left(1 - \frac{3041}{70686}\right)} \text{mm}^2 = 1101 \text{mm}^2$$

由于 $1101 \text{mm}^2 > 0.25 A_s' = 0.25 \times 3041 \text{mm}^2 = 760 \text{mm}^2$, 故满足 $A_{\text{ss0}} > 0.25 A_s'$ 的基本要求, 单根螺旋箍截面面积为 $A_{\text{st1}} = 78.5 \text{mm}^2$, 所需螺距为

$$s = \frac{\pi A_{\text{st1}} d_{\text{cor}}}{A_{\text{ss0}}} = \frac{\pi \times 78.5 \times 300}{1101} \text{mm} = 69.4 \text{mm}$$

选用 $s = 60 \text{mm}$, 满足了 s 不小于 40mm 、不大于 80mm 和 $\frac{d_{\text{cor}}}{5} = 60 \text{mm}$ 的要求。

根据实选的螺旋箍筋直径和间距即可按下式求得实际的

A_{ss0}

$$A_{\text{ss0}} = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{st1}}}{s} = \frac{3.142 \times 300 \times 78.5}{60} \text{mm}^2$$

$$= 1233 \text{mm}^2$$

将实际的 A_{ss0} 值代入下列公式即可求得该柱的承载力

$$N = f_c A_{\text{cor}} + (f_y' - f_c) A_s' + 2f_y A_{\text{ss0}} \left(1 - \frac{A_s'}{A_{\text{cor}}}\right)$$

$$= \left[15 \times 70686 + (310 - 15) \times 3041 + 2 \times 210 \times 1233 \left(1 - \frac{3041}{70686}\right)\right] \text{N}$$

$$= 2452966 \text{N} = 2453 \text{kN}$$

最后还要验算螺旋配箍柱的承载力是否满足不高于 $1.5\varphi[f_c A + (f_y' - f_c) A_s']$ 的要求。

$$1.5\varphi[f_c A + (f_y' - f_c) A_s'] = 1.5 \times 0.952 \times [15 \times 96211 + (310 - 15) \times 3041] \text{N}$$

$$= 3341891 \text{N} = 3342 \text{kN} > 2453 \text{kN} \quad (\text{满足要求})$$

[例 8] 已知圆形截面的轴心受压柱 (图 1-5), $d = 300 \text{mm}$, $d_{\text{cor}} = 250 \text{mm}$, 计算长度 $l_0 = 3 \text{m}$, C20 混凝土, 纵向钢筋 $8\Phi 14$, $A_s' = 1230 \text{mm}^2$, 间接钢筋采用 $\Phi 8$ 螺旋式配筋, 间距 $s = 50 \text{mm}$ 。求: 柱所能承受的最大轴向力设计值 N 。

解: 构件截面面积

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3.14 \times 300^2}{4} \text{mm}^2$$

$$= 70650 \text{mm}^2$$

构件的核芯截面面积

$$A_{\text{cor}} = \frac{\pi d_{\text{cor}}^2}{4} = \frac{3.14 \times 250^2}{4} \text{mm}^2$$

$$= 49062 \text{mm}^2$$

间接钢筋的换算截面面积

$$A_{\text{ss0}} = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{st1}}}{s} = \frac{3.14 \times 250 \times 50.3}{50} \text{mm}^2 = 789.7 \text{mm}^2$$

1. 计算中考虑间接钢筋的影响

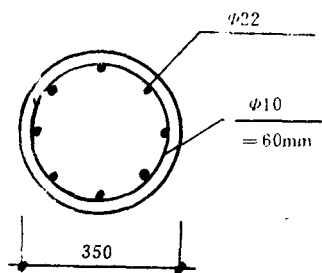


图 1-4