

第 3 章

Chapter 3

钢筋混凝土轴心受力构件正截面承载力计算

Strength of Reinforced Concrete Axially Loaded Members

本章学习目标：

- 了解轴心受拉构件和轴心受压构件的受力全过程；
- 掌握轴心受拉构件和轴心受压构件正截面承载力的计算方法；
- 熟悉轴心受力构件的构造要求。

本章的重点是轴心受拉和轴心受压构件正截面承载力的设计计算方法,难点是配有螺旋式和焊接环式箍筋轴心受压构件承载力计算。

§ 3.1 概述

Introduction

纵向拉力作用线与构件截面形心线重合的构件(图 3-1),称为轴心受拉构件。在实际工程中,由于荷载不可避免的偏心 and 构件制作过程中的不均匀性,轴心受拉构件几乎是不存在的。但是轴心受拉构件设计计算简单,因此拱和桁架结构中的拉杆,以及圆形水池的池壁等结构构件,可近似地按轴心受拉构件设计计算。同理,纵向压力作用线与构件截面形心轴线重合的构件,称为轴心受压构件。实际工程中理想的轴心受压构件也是不存在的。但是在设计以恒载为主的多层多跨房屋的内柱和屋架的受压腹杆等构件时,可近似地简化为轴心受压构件计算。轴心受力构件中配有纵向钢筋和箍筋,纵向钢筋的作用是承受轴向拉力或轴向压力,箍筋的主要作用是固定纵向钢筋,使其在构件制作的过程中不发生变形和错位。

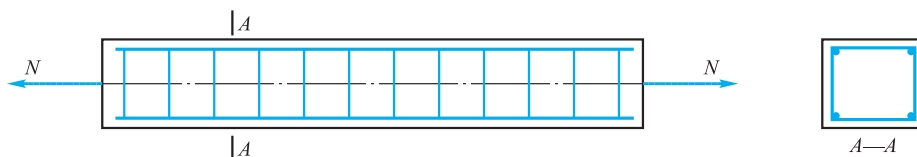


图 3-1 轴心受拉构件

§ 3.2 钢筋混凝土轴心受拉构件正截面承载力计算

Strength of Reinforced Concrete Axially Tensile Members

3.2.1 受力过程及破坏特征

Resistance Process and Failure Characteristic



第 3 章 课件

轴心受拉构件从开始加载到破坏,其受力过程可分为三个不同的阶段。

1. 第 I 阶段

从开始加载到混凝土开裂前,属于第 I 阶段。此时,纵向钢筋和混凝土共同承受拉力,应力与应变大致成正比,拉力 N 与截面平均拉应变 ϵ_t 之间基本上呈线性关系,如图 3-2a 中的 OA 段所示。

2. 第 II 阶段

混凝土开裂后至纵向钢筋屈服前,属于第 II 阶段。首先在截面最薄弱处产生第一条裂缝,随着荷载的增加,先后在一些截面上出现裂缝,逐渐形成图 3-2b 中 (II) 所示的裂缝分布形式。此时,在裂缝处的混凝土不再承受拉力,所有拉力均由纵向钢筋来承担。拉力增加时,纵向钢筋的应变显著增大,反映在图 3-2a 中的 AB 段斜率比第 I 阶段的 OA 段的斜率要小。

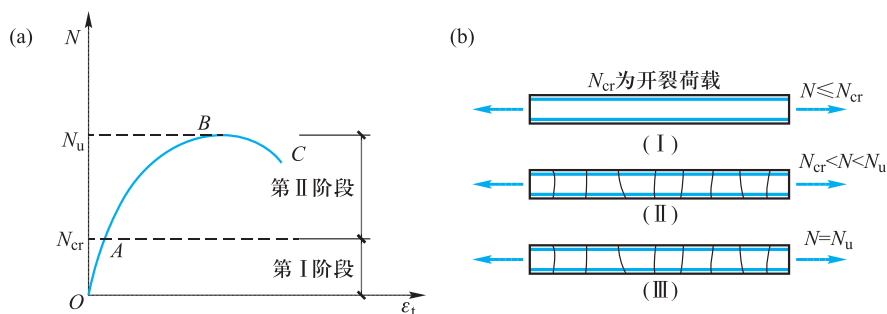


图 3-2 轴心受拉构件破坏的三个阶段

3. 第 III 阶段

纵向钢筋屈服后,拉力 N 保持不变的情况下,构件的变形继续增大,裂缝不断加宽,直至构件破坏。此为构件受力的第 III 阶段,如图 3-2a 中的 BC 段所示。

3.2.2 建筑工程中轴心受拉构件正截面承载力计算

Strength of Axially Tensile Members in Building Engineering

正截面是指与构件轴线垂直的截面。

对于轴心受拉构件正截面承载力的计算而言,以构件第 III 阶段的受力情况为基础,但是要考虑可靠度的要求。此时,裂缝截面上混凝土因开裂不能承受拉力,全部拉力由纵向钢筋承受。由内力与截面抗力的平衡条件和可靠度要求可得(图 3-3):

$$N \leq f_y A_s \quad (3-1)$$

式中 N ——轴向拉力组合设计值;

f_y ——钢筋抗拉强度设计值,按附表 2-3 取用;

A_s ——纵向钢筋的全部截面面积。

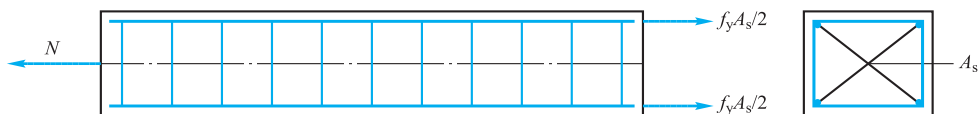


图 3-3 轴心受拉构件计算简图

式(3-1)是式(2-13)在轴心受拉构件中的具体表达式,式(3-1)中的 N 相当于式(2-13)中的 $\gamma_0 S$,式(3-1)中的 $f_y A_s$ 相当于式(2-13)中的 R 。

[例 3-1] 某钢筋混凝土屋架下弦的拉力设计值 $N = 700 \text{ kN}$,采用 HRB400 级钢筋配筋。试求所需纵向钢筋面积,并为其选用钢筋。

[解] 由附表 2-3 查得 HRB400 级钢筋的抗拉强度设计值为 $f_y = 360 \text{ N/mm}^2$ 。

由式(3-1)可得纵向钢筋截面面积为

$$A_s = N/f_y = 700 \times 1000 \text{ N}/360 \text{ N/mm}^2 = 1944 \text{ mm}^2$$

从安全与经济两个方面考虑,选用钢筋时,应尽可能使实际配筋面积接近按计算需要的面积,二者之差宜控制在 $\pm 5\%$ 以内。查附表 11-1 可知,此屋架下弦可选用 $4 \Phi 25$ 的纵向钢筋,实际配筋面积 $A_s = 1964 \text{ mm}^2$,与按计算需要面积相近。

3.2.3 构造要求

Detailing Requirements

1. 纵向受力钢筋

- ① 轴心受拉构件的受力钢筋不应采用绑扎的搭接接头;
- ② 为避免配筋过少引起的脆性破坏,轴心受拉构件一侧的受拉钢筋的配筋率 $\rho = A_s/A$ 应不小于 0.2% 和 $45f_t/f_y$ 中的较大值, A 为构件的截面面积;
- ③ 受力钢筋沿截面周边均匀对称布置,并宜优先选择直径较小的钢筋。

2. 箍筋

箍筋直径不小于 6 mm ,间距一般不宜大于 200 mm (屋架的腹杆中不宜超过 150 mm)。

§ 3.3 钢筋混凝土轴心受压构件正截面承载力计算

Strength of Reinforced Concrete Axially Compressive Members

轴心受压构件内配有纵向钢筋和箍筋。根据箍筋的配置方式不同,轴心受压构件可分为配置普通箍筋和配置间距较密的螺旋箍筋(或环式焊接钢筋)两大类(图 3-4)。后者又称为螺旋式或焊接环式间接钢筋。

轴心受压构件的纵向钢筋除了与混凝土共同承担轴向压力外,还能承担由于初始偏心或其他偶然因素引起的附加弯矩在构件中产生的拉应力。在配置普通箍筋的轴心受压构件中,箍筋可以固定纵向受力钢筋的位置,防止纵向钢筋在混凝土压碎之前压屈,保证纵筋与混凝土共同受力直到构件破坏;螺旋形箍筋对混凝土有较强的环向约束,因而

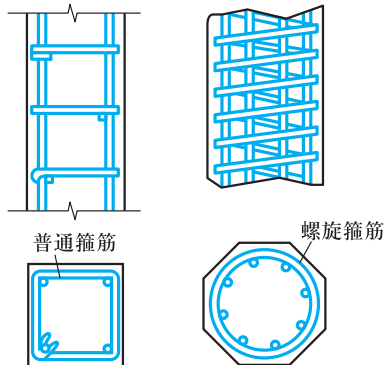


图 3-4 普通箍筋柱和螺旋箍筋柱

能够提高构件的承载力和延性。

3.3.1 配有普通箍筋的轴心受压构件

Axially Compression Members with Tied Stirrups

1. 受力分析及破坏特征

根据构件的长细比(构件的计算长度 l_0 与构件的截面回转半径 i 之比)的不同,轴心受压构件可分为短构件(对一般截面 $l_0/i \leq 28$;对矩形截面 $l_0/b \leq 8$, b 为截面宽度)和中长构件。习惯上将前者称为短柱,后者称为长柱。

钢筋混凝土轴心受压短柱的试验表明:在整个加载过程中,可能的初始偏心对构件承载力无明显影响;由于钢筋和混凝土之间存在着黏结力,二者的压应变相等。当达到极限荷载时,钢筋混凝土短柱的极限压应变大致与混凝土棱柱体受压破坏时的压应变相同,混凝土的应力达到棱柱体抗压强度 f_{ck} 。若钢筋的屈服压应变小于混凝土破坏时的压应变,则钢筋将首先达到抗压屈服强度 f'_{yk} ,随后钢筋承担的压力维持不变,而继续增加的荷载全部由混凝土承担,直至混凝土被压碎。在这类构件中,钢筋和混凝土的抗压强度都得到充分利用。

对于高强度钢筋,在构件破坏时可能达不到屈服,当混凝土的强度等级不大于 C50 时,混凝土峰值应变为 0.002,则钢筋应力为 $\sigma'_s = 0.002E_s = 0.002 \times 2 \times 10^5 \text{ N/mm}^2 = 400 \text{ N/mm}^2$,钢材的强度不能被充分利用。总之,在轴心受压短柱中,不论受压钢筋在构件破坏时是否屈服,构件的最终承载力都是由混凝土被压碎来控制。在临近破坏时,短柱四周出现明显的纵向裂缝,箍筋间的纵向钢筋发生压曲外鼓,呈灯笼状(图 3-5),以混凝土被压碎而告破坏。

对于钢筋混凝土轴心受压长柱,试验表明,加荷时由于种种因素形成的初始偏心距对试验结果影响较大。它将使构件产生附加弯矩和弯曲变形,如图 3-6 所示。对长细比很大的构件来说,则有可能在压应力尚未达到材料强度之前,即由于构件丧失稳定而引起破坏(图 3-7)。



图 3-5 轴心受压短柱的破坏形态

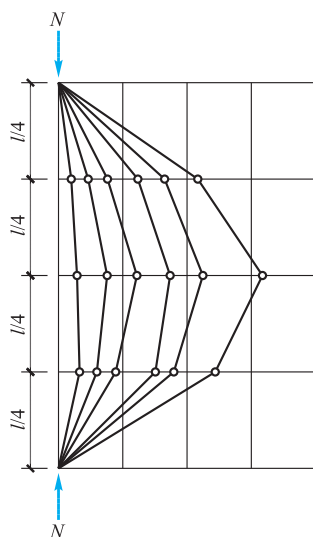


图 3-6 弯曲变形



图 3-7 细长轴心受压构件的破坏

试验结果表明,长柱的承载力低于相同条件短柱的承载力。目前采用引入稳定系数 φ 的方法来考虑长柱纵向挠曲的不利影响, φ 值小于1.0且随着长细比的增大而减小,具体可查阅表3-1。

表3-1 钢筋混凝土轴心受压构件的稳定系数 φ

| l_0/b | l_0/d | l_0/i | φ | l_0/b | l_0/d | l_0/i | φ |
|----------|----------|-----------|-----------|---------|---------|---------|-----------|
| ≤ 8 | ≤ 7 | ≤ 28 | 1.0 | 30 | 26 | 104 | 0.52 |
| 10 | 8.5 | 35 | 0.98 | 32 | 28 | 111 | 0.48 |
| 12 | 10.5 | 42 | 0.95 | 34 | 29.5 | 118 | 0.44 |
| 14 | 12 | 48 | 0.92 | 36 | 31 | 125 | 0.40 |
| 16 | 14 | 55 | 0.87 | 38 | 33 | 132 | 0.36 |
| 18 | 15.5 | 62 | 0.81 | 40 | 34.5 | 139 | 0.32 |
| 20 | 17 | 69 | 0.75 | 42 | 36.5 | 146 | 0.29 |
| 22 | 19 | 76 | 0.70 | 44 | 38 | 153 | 0.26 |
| 24 | 21 | 83 | 0.65 | 46 | 40 | 160 | 0.23 |
| 26 | 22.5 | 90 | 0.60 | 48 | 41.5 | 167 | 0.21 |
| 28 | 24 | 97 | 0.56 | 50 | 43 | 174 | 0.19 |

注: 1. 表中 l_0 为构件计算长度; b 为矩形截面的短边尺寸; d 为圆形截面直径; i 为截面回转半径, $i=\sqrt{I/A}$ 。

2. 构件计算长度 l_0 ,当构件两端固定时取 $0.5l$;当一端固定、一端为不动铰支座时取 $0.7l$;当两端为不动铰支座时取 l ;当一端固定、一端自由时取 $2l$ 。 l 为构件支座间长度。

2. 配有普通箍筋的轴心受压构件正截面承载力计算方法

在轴向力设计值 N 作用下,轴心受压构件的计算简图如图3-8所示,由静力平衡条件并考虑长细比等因素的影响后,承载力可按下式计算:

$$N \leq 0.9\varphi(f_y' A_s' + f_c A) \quad (3-2)$$

式中 φ ——钢筋混凝土构件的稳定系数,按表3-1取用;

N ——轴向力设计值;

f_y' ——钢筋抗压强度设计值,见附表2-3;

f_c ——混凝土轴心抗压强度设计值,见附表1-2;

A_s' ——全部纵向受压钢筋截面面积;

A ——构件截面面积,当纵向钢筋配筋率大于0.03时, A 改用 A_c , $A_c = A - A_s'$;

0.9——为了保持与偏心受压构件正截面承载力计算具有相近的可靠度而引入的系数。

[例3-2] 某轴心受压柱,轴力设计值 $N=2400$ kN,计算长度为 $l_0=6.2$ m,混凝土C25,纵筋采用HRB400级钢筋。设计工作年限为50年,环境类别为一类。试求柱截面尺寸,并配置受力钢筋。

[解] 初步估算截面尺寸:

由附表1-2查得C25混凝土的 $f_c=11.9$ N/mm²,由附表2-3查得HRB400级钢筋的 $f_y'=360$ N/mm²。由于柱的截面尺寸和配筋都未知,

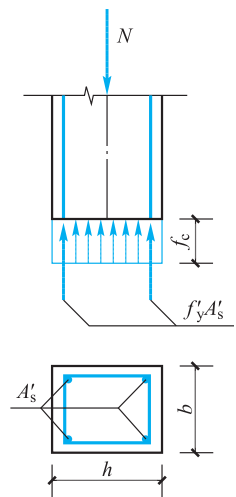


图3-8 轴心受压柱的计算简图

式(3-2)不能求解两个或两个以上的未知数。此时,可在合理范围内对某些未知量进行假定。本题假定 $\varphi = 1.0, \rho' = 1\%$, 由式(3-2)可得

$$A = \frac{N}{0.9\varphi(f_c + f'_y\rho')} = \frac{2\,400 \times 10^3 \text{ N}}{0.9 \times 1 \times (11.9 \text{ N/mm}^2 + 360 \text{ N/mm}^2 \times 0.01)} = 172.043 \times 10^3 \text{ mm}^2$$

若采用方柱, $h = b = \sqrt{A} = 414.78 \text{ mm}$, 确定取 $b \times h = 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}$, $l_0/b = 6.2/0.45 = 13.78$ 。柱截面尺寸确定以后,查表 3-1,得 $\varphi = 0.923$,再由式(3-2)可求得

$$A'_s = \frac{N - 0.9\varphi f_c A}{0.9\varphi f'_y} = \frac{2\,400 \times 10^3 \text{ N} - 0.9 \times 0.923 \times 11.9 \text{ N/mm}^2 \times 450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}}{0.9 \times 0.923 \times 360 \text{ N/mm}^2} = 1\,332 \text{ mm}^2$$

查附表 11-1,确定选配 8 Φ 16(实配 $A'_s = 1\,608 \text{ mm}^2$)。配筋率为:

$$\rho' = \frac{A'_s}{A} = \frac{1\,608 \text{ mm}^2}{450 \text{ mm} \times 450 \text{ mm}} = 0.794\%$$

由附录 9 查得,当采用 HRB400 级钢筋配筋时,最小配筋率为 0.55%。因此配筋满足最小配筋率要求。

3. 构造要求

(1) 材料

混凝土强度对受压构件的承载力影响较大,故宜采用强度等级较高的混凝土,如 C30, C40 等。在高层建筑和重要结构中,尚应选择强度等级更高的混凝土。

钢筋与混凝土共同受压时,若钢筋强度高(如高于 $0.002E_s$),则不能充分发挥其作用,故不宜用强度过高的钢筋作为受压钢筋。

(2) 截面形式

轴心受压构件以方形为主,根据需要也可采用矩形截面、圆形截面或正多边形截面;矩形截面最小边长不宜小于 250 mm,圆形截面的直径不宜小于 300 mm,构件长细比一般为 15 左右,不宜大于 30。

(3) 纵向钢筋

① 纵向受力钢筋直径 d 不宜小于 12 mm,为便于施工宜选用较大直径的钢筋,以减少纵向弯曲,并防止在临近破坏时钢筋过早压屈。圆柱中纵向钢筋的根数不宜少于 8 根,且不应少于 6 根。

② 全部纵向钢筋的配筋率 ρ' 不宜超过 5%。

③ 纵向钢筋应沿截面周边均匀布置,钢筋净距不应小于 50 mm,钢筋中距亦不应大于 300 mm,混凝土保护层最小厚度不小于 20 mm。

④ 当钢筋直径 $d \leq 32 \text{ mm}$ 时,可采用绑扎搭接接头,但接头位置应设在受力较小处。

(4) 箍筋

① 应当采用封闭式箍筋,以保证钢筋骨架的整体刚度,并保证构件在破坏阶段箍筋对混凝土和纵向钢筋的侧向约束作用。

② 箍筋的间距 s 不应大于横截面短边尺寸,且不大于 400 mm。同时不应大于 $15d$ (d 为纵向钢筋的最小直径)。

③ 箍筋采用热轧钢筋时,其直径不应小于 6 mm,且不应小于 $d/4$;采用冷拔低碳钢丝时应小于 5 mm 和 $d/5$ (d 为纵向钢筋的最大直径)。

④ 当柱每边的纵向受力钢筋不多于3根(或当柱短边尺寸 $b \leq 400$ mm 而纵筋不多于4根)时,可采用单个箍筋,否则应设置复合箍筋(图3-9)。

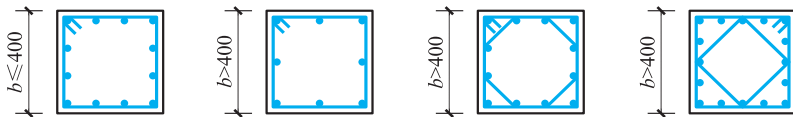


图3-9 轴心受压柱的箍筋

⑤ 当柱中全部纵向受力钢筋配筋率超过3%时,箍筋直径不应小于8 mm,箍筋末端应做成135°弯钩,且弯钩末端平直段长度不应小于箍筋直径的10倍,也可焊成封闭环式,其间距不应大于10d(d 为纵向钢筋的最小直径),且不应大于200 mm。

⑥ 在受压纵向钢筋搭接长度范围内的箍筋直径不应小于搭接钢筋较大直径的0.25倍,间距不应大于10d,且不应大于200 mm(d 为受力钢筋最小直径)。

3.3.2 配有螺旋箍筋的轴心受压构件

Axially Compression Members with Spiral Stirrups

1. 受力分析及破坏特征

混凝土三向受压强度试验表明,由于侧向压应力的作用,将有效地阻止混凝土在轴向压力作用下所产生的侧向变形和内部微裂缝的发展,从而使混凝土的抗压强度有较大的提高。配置螺旋箍筋(或焊接环箍)就能起到这种作用。试验表明,当混凝土的轴向压力较大时($0.7f_c$ 左右),混凝土纵向微裂缝开始迅速发展,导致混凝土侧向变形明显增大,而配置足量的螺旋箍筋或焊接圆环箍筋就能约束其侧向变形,对混凝土产生间接的被动侧向压力,箍筋则产生环向拉力。当荷载逐步加大到混凝土压应变超过无约束时的极限压应变后,箍筋外部的混凝土将被压坏开始剥落,而箍筋以内即核心部分的混凝土则能继续承载,只有当箍筋达到抗拉屈服强度而失去约束混凝土侧向变形的能力时,核心混凝土才会被压碎而导致整个构件破坏,其破坏形态如图3-10所示。

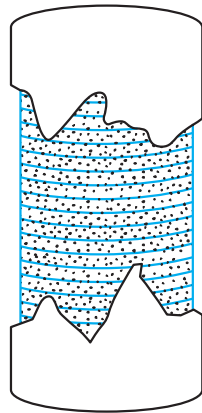


图3-10 配有螺旋箍筋的轴心受压构件破坏情况

2. 配有螺旋式或焊接环式间接钢筋的轴心受压构件正截面抗压承载力计算方法

配置了间距较密的螺旋箍筋或焊接圆环箍的轴心受压柱,其核心混凝土的抗压强度可按三向受压时的强度考虑,可取

$$f_{c1} = f_c + 4\sigma_2 \quad (3-3)$$

式中, σ_2 是指间接钢筋(即螺旋箍筋或焊接环筋)对核心混凝土产生的被动侧向压应力(即径向应力)。假设箍筋拉应力达到屈服强度,则从图3-11的平衡条件可得

$$2f_{yv}A_{ss1} = 2 \int_0^{\pi} \sigma_2 \sin \theta \cdot d\theta \cdot \frac{d_{cor}}{2} \cdot s = \sigma_2 d_{cor} s$$

故

$$\sigma_2 = \frac{2f_{yv}A_{ss1}}{d_{cor}s} = \frac{2f_{yv}A_{ss1}\pi d_{cor}}{4\frac{\pi d_{cor}^2}{4}\cdot s}$$

即

$$\sigma_2 = \frac{f_{yv}}{2A_{cor}}A_{sso} \quad (3-4)$$

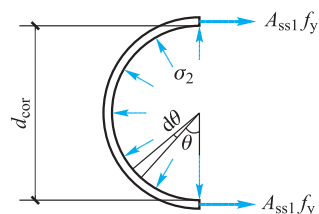


图 3-11 螺旋箍筋或焊接环筋受力情况

式中 f_{yv} ——箍筋抗拉强度设计值；

A_{cor} ——混凝土核心截面面积 $A_{cor} = \pi d_{cor}^2/4$ ；

A_{sso} ——箍筋的换算截面面积 $A_{sso} = (\pi d_{cor}/s)A_{ss1}$ ；

A_{ss1} ——螺旋箍筋的截面面积；

d_{cor} ——核心混凝土直径；

s ——螺旋箍筋的间距。

构件的承载力应按下列公式计算：

$$N \leq f_{c1}A_{cor} + f'_y A'_s = (f_c + 4\sigma_2)A_{cor} + f'_y A'_s \quad (3-5)$$

将式(3-4)代入,得

$$N \leq \left(f_c + 4 \frac{f_{yv}}{2A_{cor}} A_{sso} \right) A_{cor} + f'_y A'_s \quad (3-6)$$

即

$$N \leq f_c A_{cor} + 2f_{yv} A_{sso} + f'_y A'_s \quad (3-7)$$

设计时,为了保持与偏心受压构件正截面受压承载力具有相近的可靠度,并且考虑间接钢筋对不同强度等级混凝土约束效应影响差异,按下列公式近似计算:

$$N \leq 0.9(f_c A_{cor} + f'_y A'_s + 2\alpha f_{yv} A_{sso}) \quad (3-8)$$

$$A_{sso} = \frac{\pi d_{cor} A_{ss1}}{s} \quad (3-9)$$

式中 f_{yv} ——间接钢筋的抗拉强度设计值,按附表 2-3 采用；

A_{cor} ——构件的核心截面面积:间接钢筋内表面范围的混凝土面积；

A_{sso} ——螺旋式或焊接环式间接钢筋的换算截面面积；

d_{cor} ——构件的核心截面直径:间接钢筋内表面之间的距离；

A_{ss1} ——螺旋式或焊接环式单根间接钢筋的截面面积；

s ——间接钢筋沿构件轴线方向的间距；

α ——间接钢筋对混凝土约束的折减系数:当混凝土强度等级不超过 C50 时,取 1.0;当混凝土强度等级为 C80 时,取 0.85;其间按线性内插法确定。

按式(3-8)算得的构件受压承载力设计值不应大于按式(3-2)算得的构件受压承载力设计值的 1.5 倍。此外,当遇到下列任意一种情况时,不应计入间接钢筋的影响,而应按式(3-2)进行计算。

① 当 $l_0/d > 12$ 时；

② 当按式(3-8)算得的受压承载力小于按式(3-2)算得的受压承载力时;

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

[例 3-3] 某多层框架结构(框架按无侧移结构考虑),底层门厅柱为圆形截面,直径 $d=500\text{ mm}$,按轴心受压柱设计。轴力设计值 $N=3\ 900\text{ kN}$,计算长度 $l_0=6\text{ m}$,混凝土强度等级为 C30,纵筋和螺旋箍筋采用 HRB400 级钢筋,环境类别为一类。试求柱配筋。

[解] 柱长细比 $l_0/d=6\text{ m}/0.5\text{ m}=12$,符合要求。

由附表 1-2 查得 C30 混凝土的 $f_c=14.3\text{ N/mm}^2$,由附表 2-3 查得 HRB400 级钢筋的 $f_{\text{yv}}=360\text{ N/mm}^2$ 、 $f'_y=360\text{ N/mm}^2$ 。

由于纵筋面积和螺旋箍筋的直径、间距等未知,式(3-8)不可能求解多个未知数。因此,要在合理范围内对某些未知量进行假定。本例先设纵向受压钢筋为 $6\Phi 20$,由附表 11-1 查得 $A'_s=1\ 884\text{ mm}^2$,柱核心截面直径 $d_{\text{cor}}=440\text{ mm}$,核心截面面积 $A_{\text{cor}}=\frac{\pi}{4}d_{\text{cor}}^2=152\ 053\text{ mm}^2$,需配置的螺旋箍筋换算截面面积 A_{ss0} 为

$$A_{\text{ss0}} = \frac{\frac{N}{0.9} - f_c A_{\text{cor}} - f'_y A'_s}{2\alpha f_{\text{yv}}} = \frac{\frac{3\ 900 \times 10^3\text{ N}}{0.9} - 14.3\text{ N/mm}^2 \times 152\ 053\text{ mm}^2 - 360\text{ N/mm}^2 \times 1\ 884\text{ mm}^2}{2 \times 1 \times 360\text{ N/mm}^2}$$

$$= 2\ 056.7\text{ mm}^2 > 25\% \times A'_s = 471\text{ mm}^2$$

选螺旋箍筋为 $\Phi 10$,由附表 11-1 查得 $A_{\text{ss1}}=78.5\text{ mm}^2$ 。由式(3-9)可算得螺旋箍筋的间距为

$$s = \frac{\pi d_{\text{cor}} A_{\text{ss1}}}{A_{\text{ss0}}} = \frac{3.14 \times 440\text{ mm} \times 78.5\text{ mm}^2}{2\ 056.7\text{ mm}^2} = 52.73\text{ mm}$$

实际取 $s=50\text{ mm}$,满足 $40\text{ mm} \leq s \leq 80\text{ mm}$ (或 $1/5d_{\text{cor}}$)。

验算按式(3-8)算得的承载力是否不大于按式(3-2)算得的承载力的 1.5 倍:

$$N = 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s)$$

$$= 0.9 \times 0.92 \times \left(14.3\text{ N/mm}^2 \times \frac{1}{4} \times 3.14 \times 500^2\text{ mm}^2 + 360\text{ N/mm}^2 \times 1\ 884\text{ mm}^2 \right)$$

$$= 2\ 885.3\text{ kN}$$

$$3\ 900\text{ kN} < 1.5 \times 2\ 885.3\text{ kN} = 4\ 328\text{ kN}$$

满足要求。

3. 构造要求

在配有螺旋式或焊接环式间接钢筋的柱中,如计算中考虑间接钢筋的作用,则间接钢筋的间距不应大于 80 mm 及 $d_{\text{cor}}/5$ (d_{cor} 为按间接钢筋内表面确定的核心截面直径),且不应小于 40 mm ;间接钢筋的直径不应小于 $d/4$,且不应小于 6 mm , d 为纵向钢筋的最大直径。纵向受力钢筋的最小配筋百分率见附表 9-1。

§ 3.4 小结

Summary

① 轴心受拉构件的受力过程可以分为三个阶段,正截面受拉承载力计算以第Ⅲ阶段为基础,拉力全部由纵向钢筋承受。

② 轴心受压构件根据配置箍筋的不同分为配置普通箍筋的轴心受压构件和配置螺旋式或焊接环式间接箍筋的轴心受压构件两类,螺旋式或焊接环式箍筋可以约束其内混凝土的变形,因而可以提高构件的受压承载力。但是,只有当柱的长细比以及螺旋式或焊接环式箍筋的直径、间距等满足一定的要求时,才能起着间接箍筋的作用,而且其受压承载力的大小不得超过普通箍筋轴心受压构件受压承载力的 1.5 倍。

③ 根据构件长细比的不同,轴心受压构件可以分成短轴心受压构件和长轴心受压构件两类。对于长轴心受压构件而言,随着长细比的增加,构件受压承载力不断减小。

④ 轴心受拉构件和轴心受压构件正截面受拉和受压承载力计算公式列于表 3-2 中。

表 3-2 轴心受力构件正截面承载力计算公式

| 构件类型 | | 计算公式 |
|----------------------------|----------------------------|--|
| 轴心受拉 构件 | | $N \leq f_y A_s$ |
| 轴 心 受 压 构 件 | 普通钢 箍受压 构件 | $N \leq 0.9\varphi(f_c A + f'_y A'_s)$ |
| | 螺旋箍或 焊接环式 钢箍受压 构件 | $N \leq 0.9(f_c A_{cor} + f'_y A'_s + 2\alpha f_{yv} A_{sv0})$ |



思考题 Questions

- 3-1 轴心受压构件中纵筋的作用是什么?
 3-2 柱在使用过程中的应力重分布是如何产生的?
 3-3 螺旋箍筋柱应满足的条件有哪些?



习 题 Exercises

3-1 某四层四跨现浇框架结构的第二层内柱轴向压力设计值 $N = 140 \times 10^4 \text{ N}$, 楼层高 $H = 5.4 \text{ m}$, 计算长度 $l_0 = 1.25H$, 混凝土强度等级为 C30, HRB400 级钢筋。设计工作年限为 50 年, 环境类别为一类。试求柱截面尺寸及纵筋面积。

3-2 由于建筑上使用要求,某现浇柱截面尺寸为 $250\text{ mm} \times 250\text{ mm}$,柱高 4.0 m ,计算长度 $l_0 = 0.7H = 2.8\text{ m}$,配筋为 $4\Phi 16 (A'_s = 804\text{ mm}^2)$,C30 混凝土,HRB400 级钢筋,承受轴向力设计值 $N = 950\text{ kN}$ 。设计工作年限为 50 年,环境类别为一类。试问柱截面是否安全?

3-3 已知一螺旋箍筋柱,直径为 $d = 500\text{ mm}$,柱高 5.0 m ,计算长度 $l_0 = 0.7H = 3.5\text{ m}$,配 HRB400 级钢筋 $10\Phi 16 (A'_s = 2\ 010\text{ mm}^2)$,C30 混凝土,螺旋箍筋采用 HRB400 级钢筋,直径为 12 mm ,螺距为 $s = 50\text{ mm}$ 。设计工作年限为 50 年,环境类别为 II 类。试确定此柱的承载力。

3-4 编写轴心受拉和轴心受压构件正截面承载力计算程序。

3-5 某工业厂房屋架,外形尺寸及节点荷载设计值(已包括自重)如图 3-12 所示,设计工作年限为 50 年,环境类别为一类,杆件 DE 和 EF 的截面尺寸分别为 $250\text{ mm} \times 250\text{ mm}$ 和 $300\text{ mm} \times 300\text{ mm}$,计算长度分别为 2 m 和 8 m ,混凝土的强度等级为 C30,钢筋采用 HRB500 级。试要求按承载能力极限状态为杆件 DE 和 EF (即截面 1-1 和截面 2-2)配置纵向受力钢筋。

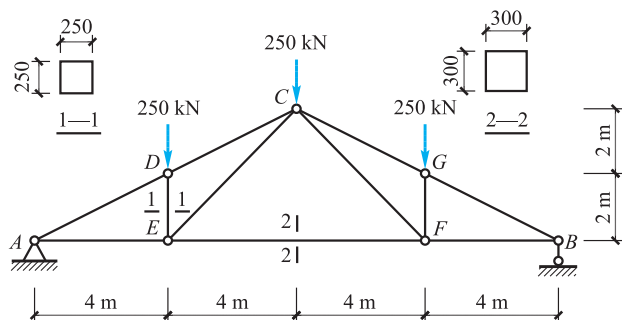


图 3-12 习题 3-5 附图