

## 第四章 框架结构设计



2021/10/31

1

### 钢筋混凝土框架

- 材料
  - 型钢
  - 混凝土
  - 钢筋
- 特点
  - 刚性节点
  - 提高了框架结构的强度和刚度，减小了截面尺寸
  - 较纯钢结构，抗火性能良好
  - 节点配筋较为复杂

2021/10/31

4

## 4.1 框架结构

- 4.1.1 框架结构类型
  - 钢筋混凝土框架结构
  - 型钢钢筋混凝土框架结构
  - 钢框架结构
  - 钢框架—（阻尼）支撑结构
  - 钢框架—钢筋混凝土剪力墙结构
  - 钢框架—筒体结构

2021/10/31

2

### 钢框架结构

- 材料
  - 型钢
- 特点
  - 刚性节点，部分可能是铰接节点
  - 刚度较弱
  - 结构阻尼较小
  - 抗火性能差
  - 刚性节点较难施工
  - 用钢量相对较大

2021/10/31

5

### 钢筋混凝土框架

- 材料
  - 混凝土
  - 钢筋
- 特点
  - 刚性节点
  - 刚度相对纯钢框架大
  - 刚度相对型钢混凝土框架小
  - 阻尼相对较大
  - 较经济，在我国得到广泛应用
  - 高度受限值

2021/10/31

3

### 钢框架—支撑结构

- 材料
  - 型钢
- 特点
  - 支撑提高了结构的整体刚度
  - 其余同纯钢结构

2021/10/31

6

## 钢框架—支撑—阻尼结构

- 材料
  - 型钢
- 特点
  - 支撑提高了结构的整体刚度
  - 阻尼器提高了结构的阻尼，特别是大震下结构阻尼，从而降低地震作用
  - 其余同纯钢结构

2021/10/31

7

## 4.1 框架结构

- 4.1.2 框架结构震害
  - 钢筋混凝土框架结构震害

2021/10/31

10

## 钢框架—混凝土剪力墙（筒体）结构

- 材料
  - 型钢
  - 钢筋混凝土剪力墙
- 特点
  - 剪力墙（筒体）提高了结构的整体刚度
  - 钢梁—钢柱连接做成铰接节点，便于施工
  - 两道抗震防线

2021/10/31

8

## 4.1 框架结构

### 4.1.3 框架结构抗震等级

- 钢筋混凝土框架抗震等级
- 钢结构抗震等级

2021/10/31

11

## 钢框架筒体结构（纯钢）

- 材料
  - 型钢
- 特点
  - 密柱深梁构成筒体极大地提高了结构的整体刚度
  - 其余同钢结构

2021/10/31

9

## 钢筋混凝土房屋抗震等级

### 框架结构延性设计原则：

- 强柱弱梁
- 强剪弱弯
- 强节点弱构件

抗规（GB50011-2010）中

高规（JGJ 3-2010）中

根据A级和B级房屋分别给出抗震等级

表 4.1.2 抗震等级

结构类型	设 防 类 别			
	6	7	8	9
框架结构	高度 (m) ≤24 >24 ≤24 >24 >24 >24	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
框架-剪力墙结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
剪力墙结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
筒体结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
部分框支剪力墙结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
框架-核心筒结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
框架-核心筒-剪力墙结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙
框架-核心筒-剪力墙-筒体结构	高度 (m) ≤40 >40 ≤40 >40 >40 >40	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙	丙 乙 丙 乙 丙 乙

注：1 建筑场地为Ⅰ类时，按4度设防比同设防类别降低一度的抗震等级采用抗震等级确定。按规范的要求不应降低。  
2 除应遵守本表规定外，尚应符合本规范及当地、地基条件确定抗震等级。  
3 大跨度和高跨比不小于1.0m的框架。  
4 高度不超过40m的框架-核心筒结构按框架-剪力墙的要求设计时，应按表中框架-剪力墙结构的抗震等级确定抗震等级。

2021/10/31

12



## 分层法

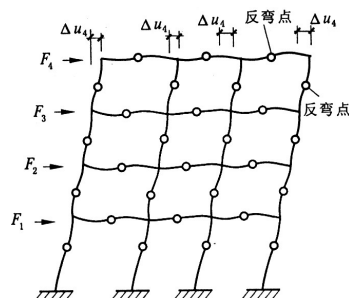
修正:

- 1) 对固定支座的修正: 柱的刚度 $\times 0.9$ ;  
底层柱的线刚度不变。
- 2) 柱的弯矩传递系数取 $1/3$ ;
- 3) 不平衡节点弯矩再做一次弯矩分配。

2021/10/31

19

## 水平荷载作用下框架的变形图



2021/10/31

22

## 2. 水平荷载下的框架计算——反弯点法

### 计算模型

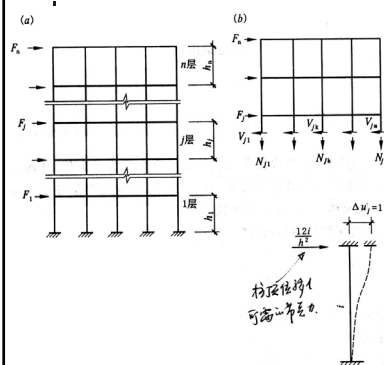
#### ■ 计算假定:

- 同层柱具有相同的位移;
- 同层柱的侧移刚度相同;
- 梁的线刚度远大于柱的线刚度;
- 柱的反弯点在柱的中点, 底层柱在距支座 $2/3$ 处;
- 梁的反弯点在梁的中点。

2021/10/31

20

## 反弯点法计算



2021/10/31

23

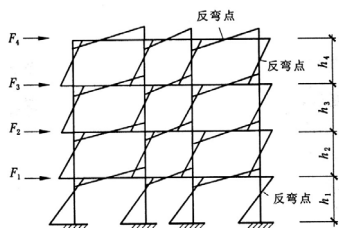
$$V_{Fj} = \sum_{k=1}^m V_{jk}$$

$$V_{jk} = \frac{12 i_{jk}}{h_j^2} \Delta u_j$$

$$\Delta u_j = \frac{V_{Fj}}{\sum_{k=1}^m \frac{12 i_{jk}}{h_j^2}}$$

$$V_{jk} = \frac{i_{jk}}{\sum_{k=1}^m i_{jk}} V_{Fj}$$

## 水平荷载作用下框架的弯矩图



2021/10/31

21

## D值法计算

$$D = \alpha \frac{12 i_c}{h^2}$$

### ■ 反弯点法的不足

- 梁的线刚度与柱的线刚度相比不是无穷大
- 柱端有转角, 非固端约束;
- 柱的反弯点高度不完全相同;
- 柱的抗侧刚度不是  $\frac{12 i_c}{h^2}$

### ■ 对反弯点法的修正——D值法

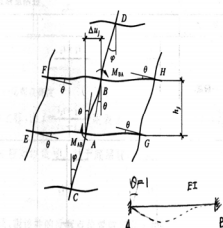
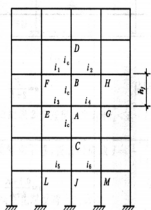
- 柱的抗侧刚度为D
- $\alpha$  考虑柱上下端弹性约束的修正系数

2021/10/31

熊海贝 《高层建筑结构》 2019

24

## D值法计算



2021/10/31

25

## 水平荷载下的位移计算

$$\Delta u_j = \frac{V_{Fj}}{\sum_{k=1}^m D_{jk}}$$

$$u = \sum_{j=1}^n \Delta u_j$$

## ■ 注意:

- 仅考虑柱的弯曲变形;
- 未考虑柱的轴向变形和剪切变形;

2021/10/31

28

柱刚度修正系数  $\alpha < 1$ 

柱刚度修正系数的计算

楼层	简图	K	$\alpha$
一般层		$K = \frac{i_1 + i_2 + i_3 + i_4}{2i_c}$	$\alpha = \frac{K}{2+K}$
底层		$K = \frac{i_1 + i_2}{i_c}$	$\alpha = \frac{0.5+K}{2+K}$

2021/10/31

26

## 4.3 构件承载力计算及参数调整

## ■ 框架总剪力调整

框剪、框架支撑体系中“框架”的底部总剪力不应小于底部总剪力的**25%**;

目的: 以确保框架作为第二道防线的可靠性;

■ 地震作用下薄弱层的剪力调整(**×1.15**);

■ 对于高层建筑, 可不计竖向活荷载不利分布。

2021/10/31

29

## 修正后的反弯点高度

- 反弯点高度取决于柱上下端转角的比值;
- 影响因素:
  - 框架总层数、所在层数  $j$ 、梁柱线刚度比值  $K$ 、荷载作用形式  $\rightarrow y_0$
  - 上下横梁线刚度  $\rightarrow y_1$
  - 上下楼层高度  $\rightarrow y_2, y_3$

$$yh = (y_0 + y_1 + y_2 + y_3)h$$

2021/10/31

27

## 4.3 构件承载力计算及参数调整

## ■ 整体计算

$\Rightarrow$  整体变形验算

$\Rightarrow$  构件承载力验算

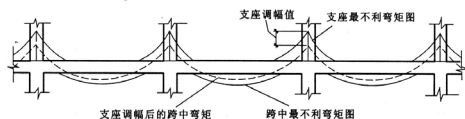
- 取最不利内力组合
- 根据相应规范进行承载力验算

2021/10/31

30

## 钢筋混凝土框架梁调幅

- 梁端负弯矩调整系数
- 现浇框架：0.8~0.9；装配整体式框架：0.7~0.8
- 注意：仅为竖向荷载下的梁端负弯矩，内力组合前进行；
- 跨中弯距>1/2简支梁的跨中弯距值。

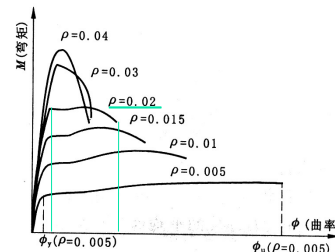


2021/10/31

31

## □ 梁设计需考虑的因素

- 纵筋配筋率
  - 配筋率高，延性差
  - 抗震规定： $\rho \leq 0.02$
  - 非抗震地区： $\rho \leq 0.025$

图 4.17 单筋矩形梁  $M-\phi$  的计算曲线

2021/10/31

34

## 4.4 钢筋混凝土框架的设计

- 4.4.1 框架梁设计
- 4.4.2 框架柱设计
- 4.4.3 框架节点设计

2021/10/31

32

## □ 梁设计需考虑的因素

- 受压区高度  $\frac{x}{h_0}$ 
  - 梁端受压区高度越大，延性越差。
  - 抗震规定：
    - 梁端：一级抗震： $x \leq 0.25h_0$
    - 二、三级抗震： $x \leq 0.35h_0$
  - 跨中： $x \leq \xi_b h_0$

2021/10/31

35

## 4.4.1 框架梁设计

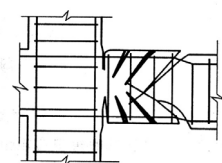


图 4.16 梁端破坏形态

### 破坏形态

梁端：弯曲破坏、剪切破坏、钢筋锚固不足拔出；  
跨中：弯曲破坏、钢筋拉断  
钢筋锈蚀引起开裂导致破坏等

2021/10/31

33

## □ 梁设计需考虑的因素

- 剪压比  $\frac{V}{bh_0f_c}$ 
  - 剪压比越高，梁塑性较区的刚度和强度退化越明显，当剪压比为0.15时，有明显退化现象。
  - 地震组合： $V \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} 0.2 \beta_c f_c b h_0$
  - 无地震组合： $V \leq 0.25 \beta_c f_c b h_0$

2021/10/31

36

## □ 梁设计需考虑的因素

- 跨高比  $\frac{l_n}{h_0}$ 
  - 跨高比小于2，极易发生剪切破坏。
  - 当跨高比较小时，宜采用扁梁，以提高梁的延性。
  - 一般规定： $\frac{l_n}{h_0} \geq 4$

2021/10/31

37

## □ 梁设计需考虑的因素

### ■ 梁纵筋最小配筋率

- 一二级钢筋直径不宜小于2Φ14
- 不宜小于1/4纵向钢筋较大配筋截面面积

框架梁纵向受拉钢筋最小配筋百分率(%)

抗震等级	截面位置	
	支座(取较大值)	跨中(取较大值)
一 级	0.4 和 $80f_t/f_y$	0.3 和 $65f_t/f_y$
二 级	0.3 和 $65f_t/f_y$	0.25 和 $55f_t/f_y$
三、四级	0.25 和 $55f_t/f_y$	0.20 和 $45f_t/f_y$
非抗震设计	0.20 和 $45f_t/f_y$	0.20 和 $45f_t/f_y$

2021/10/31

40

## □ 梁设计需考虑的因素

- 塑性铰区的箍筋  
确保足够的封闭箍筋可以提高塑性铰区的转动能力。

表 4.3.3 梁端箍筋加密区的长度、箍筋的最大间距和最小直径

抗震等级	加密区长度 (采用较大值) (mm)	箍筋最大间距 (采用最小值) (mm)	箍筋最小直径 (mm)
一	$2h_b, 500$	$h_b/4, 6d, 100$	10
二	$1.5h_b, 500$	$h_b/4, 6d, 100$	8
三	$1.5h_b, 500$	$h_b/4, 6d, 100$	8
四	$1.5h_b, 500$	$h_b/4, 6d, 100$	6

注：1  $d$  为纵筋直径， $h_b$  为梁截面高度；

2 箍筋直径大于12mm，数量不少于4肢且间距不大于150mm时，一、二级的最大间距允许适当放宽，但不大于150mm。

2021/10/31

38

## □ 梁设计需考虑的因素

### ■ 梁纵筋最大配筋率

- 不宜大于2.5%，不应大于2.75%，一般不宜大于2.0%(抗震要求)，超过，箍筋直径加大2mm(加密)
- 一二三级框架中，穿越框架柱的梁纵筋直径，不应大于矩形框架柱该边边长的1/20；圆形截面弦长的1/20；
- 对于其他结构，.....不宜.....

2021/10/31

41

## □ 梁设计需考虑的因素

### ■ 梁端剪力设计——强剪弱弯

$$V = \eta_{Vb} \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb}$$

 $\eta_{Vb} = 1.3, 1.2, 1.1$  分别对应一级、二级、三级抗震

$$V = 1.1 \frac{M_{bua}^l + M_{bua}^r}{l_n} + V_{Gb} : 9度区和一级抗震$$

2021/10/31

39

## □ 梁设计需考虑的因素

### ■ 框架梁

- 材料：不应低于C30，不宜大于C40。
- 梁高： $h = (1/10 \sim 1/18)L$ ， $h \geq 400\text{mm}$ 。
- 梁宽： $b = (1/2 \sim 1/3)h$ 。
- 梁高 $>450\text{mm}$ ，设腰筋，间距不宜大于200mm。
- 边梁的抗扭问题——设置抗扭钢筋
- 边支座的连接方式——足够的纵筋锚固长度
- 高层建筑中，扁梁应用较普遍(为什么?)

2021/10/31

42

## 4.4 钢筋混凝土框架的设计

### 4.4.2 框架柱设计

#### 受力性能

- 破坏形态
  - 柱端破坏严重
  - 压弯破坏
  - 剪切破坏
  - 剪压破坏

2021/10/31

43

## 柱设计 需考虑的因素

### 轴压比限值

表 6.3.6 柱轴压比限值

结构类型	抗震等级			
	一	二	三	四
框架结构	0.65	0.75	0.85	0.90
框架-抗震墙、板柱-抗震墙、 框架-核心筒及筒中筒	0.75	0.85	0.90	0.95
部分框支抗震墙	0.6	0.7	—	—

注：1 轴压比是指组合的轴压力设计值与柱的全截面面积和混凝土轴心抗压强度设计值乘积之比；对本规范规定不进行地震作用计算的结构，可取无地震作用组合的轴力设计值计算。

2 老约限适用于剪跨比大于2，混凝土强度等级不大于C50的柱；剪跨比不大于2的柱，轴压比限值应降低0.05；剪跨比小于1.5的柱，轴压比限值应专门研究并采取特殊构造措施。

3 沿柱全高采用十字复合箍且螺旋箍距不大于200mm、间距不大于100mm、直径不小于12mm，或沿柱全高采用复合螺旋箍、螺旋间距不大于100mm、螺旋箍距不大于200mm、直径不小于12mm，或沿柱全高采用连续复合矩形螺旋箍、螺旋间距不大于80mm、螺旋箍距不大于200mm、直径不小于10mm，轴压比限值均可增加0.10；上述三种箍筋的最小配箍特征值均应按增大的轴压比由本规范表6.3.9确定。

4 在柱的截面中部附加芯柱，其中另加的纵向钢筋的总面积不少于柱截面面积的0.8%，轴压比限值可增加0.05；此项措施与注3的措施共同采用时，轴压比限值可增加0.15，但箍筋的体积配箍率仍可按轴压比增加0.10的要求确定。

5 柱轴压比不应大于1.05。

- Q: 为什么要限制?
- Q: IV类场地
- Q: 较高建筑?
- Q: 剪跨比?
- Q: 箍筋形式?
- Q: 如何提高轴压比限值?

2021/10/31

46

## 柱设计需考虑的因素

### 柱设计——强柱弱梁

$$V_c = \eta_{Vc} \frac{M_c^l + M_c^r}{H_n}$$

$\eta_{Vc} = 1.5, 1.3, 1.2, 1.1$  对应 1级、2级、3级和 4级

$$V_c = 1.2 \frac{M_{cua}^l + M_{cua}^r}{H_n} : 9度区和一级抗震$$

2021/10/31

44

## 柱设计需考虑的因素

### 剪跨比

$$\lambda = \frac{M}{Vh_0}$$

$$\lambda = \frac{H_n}{2h_0}$$

- $\lambda \geq 2$  时（长细比  $\geq 4$ ），为长柱，破坏形式为压弯型，有一定变形能力。
- $1.5 \leq \lambda < 2$  时（ $3 \leq$  长细比  $< 4$ ），为短柱，破坏形式为剪切型或剪压型；
- $\lambda < 1.5$  时（长细比  $< 3$ ），为极短柱，破坏形式为剪压型，设计时应尽量避免。

2021/10/31

47

## 柱设计需考虑的因素

### 轴压比

$$n = \frac{N}{f_c A_c}$$

- 轴压比越高，延性越差。

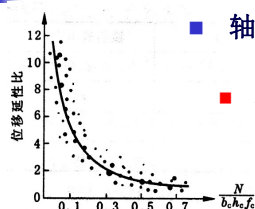


图 4.20 轴压比与延性比的关系

2021/10/31

45

## 柱设计需考虑的因素

### 柱体积配箍率

$$\rho_v \geq \lambda_v \frac{f_c}{f_{yv}}$$

- 与混凝土强度有关
- 与箍筋强度有关
- 与轴压比有关
- 与箍筋方式有关

2021/10/31

48



## □ 柱设计需考虑的因素

### 柱端加密区最小配箍特征值

表 6.3.9 柱端加密区的箍筋最小配箍特征值

抗震等级	箍筋形式	柱轴压比									
		≤0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.05	
一	普通箍、复合箍	0.10	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.23	—	—	
	螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.21	—	—	
二	普通箍、复合箍	0.08	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19	0.22	0.24	
	螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22	
三、四	普通箍、复合箍	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.17	0.20	0.22	
	螺旋箍、复合或连续复合矩形螺旋箍	0.05	0.06	0.07	0.09	0.11	0.13	0.15	0.18	0.20	

注：普通箍指单个矩形箍和单个圆形箍，复合箍指由矩形、多边形、圆形箍或拉结组成的箍筋；螺旋箍指由螺旋箍与矩形、多边形、圆形箍或拉结组成的箍筋；连续复合矩形螺旋箍指用一根通长钢筋加工而成的箍筋。

2021/10/31

49

## □ 柱设计需考虑的因素

### ■ 柱计算长度

#### ■ 高层建筑中

当水平荷载产生的弯矩占总弯矩的75%以上时：

$$l_0 = [1 + 0.15(\varphi_u + \varphi_l)]H$$

$$l_0 = (2 + \varphi_{\min})H$$

$\varphi_u, \varphi_l$  - 柱上、下端节点交汇处柱线刚度之和与梁线刚度之和的比值；

$\varphi_{\min}$  -  $\varphi_u, \varphi_l$  的较小值

2021/10/31

52

## 箍筋最大间距、最小直径

表 6.3.7-2 柱端加密区的箍筋最大间距和最小直径

抗震等级	箍筋最大间距 (采用较小值, mm)	箍筋最小直径 (mm)
一	6d, 100	10
二	8d, 100	8
三	8d, 150 (柱纵 100)	8
四	8d, 150 (柱纵 100)	6 (柱纵 8)

注：1 d 为柱纵筋最小直径；

2 柱端指底层柱下端箍筋加密区。

2) 一级框架柱的箍筋直径大于 12mm 且箍筋肢距不大于 150mm 及二级框架柱的箍筋直径不小于 10mm 且箍筋肢距不大于 200mm 时，除底层柱下端外，最大间距应允许采用 150mm；三级框架柱的截面尺寸不大于 400mm 时，箍筋最小直径应允许采用 6mm；四级框架柱剪跨比不大于 2 时，箍筋直径不应小于 8mm。

3) 框支柱和剪跨比不大于 2 的框支柱，箍筋间距不应大于 100mm。

2021/10/31

50

## □ 柱设计需考虑的因素

### ■ 柱纵筋最小配筋率

表 6.3.8-1 柱截面纵向钢筋的最小总配筋率(百分率)

类别	抗震等级			
	一	二	三	四
中柱和边柱	1.0	0.8	0.7	0.6
角柱、框支柱	1.2	1.0	0.9	0.8

注：采用 HRB400 级热轧钢筋时应允许减少 0.1，混凝土强度等级高于 C60 时应增加 0.1。

2021/10/31

53

## □ 柱设计需考虑的因素

### ■ 柱计算长度

■ 现浇楼盖，底层柱： $l_0 = 1.0 H$

其他层柱： $l_0 = 1.25 H$

■ 装配式楼盖底层柱： $l_0 = 1.25 H$

其他层柱： $l_0 = 1.5 H$

2021/10/31

51

## □ 柱设计需考虑的因素

### ■ 柱纵筋最大配筋率

■ 抗震：不宜大于 4%，不应大于 5%。

■ 非抗震：不宜大于 5%。

2021/10/31

54

## 柱设计需考虑的因素

### 柱

- 材料：不应低于C30，9度区不宜大于C60，8度区不宜大于C70；
- 截面：满足轴压比要求
- 满足截面抗剪要求；
- 柱边长不小于300mm；
- 纵筋无支撑距离不宜大于200。
- 宜采用复合箍

2021/10/31

55

## 4.4.3 节点设计

### 设计原则——强节点弱构件

- 受剪截面限值条件——确定节点的最小截面

$$V_j \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.3 \eta_j \beta_c f_c b_j h_j)$$

$\eta_j$ —直交梁对节点的约束作用系数，  
 $\eta_j = 1.5 \sim 1$

2021/10/31

58

## 4.4.3 节点设计

### 设计原则——强节点弱构件

- 顶层中间节点

$$V_j = \eta_{jb} \frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a_s'}$$

$\eta_{jb} = 1.35, 1.2$ , 分别对应一级、二级

$$V_j = 1.15 \frac{M_{bua}^l + M_{bua}^r}{h_{b0} - a_s'}$$

2021/10/31

56

## 节点设计需考虑的因素

- 材料：

- 混凝土强度：不应低于C30，9度区不宜大于C60，8度区不宜大于C70；
- 钢筋：符合抗震性能指标的热轧钢筋
  - 纵向钢筋宜选用不低于HRB400，也可选用HRB335，
  - 箍筋宜选用不低于HRB335，也可选用HPB300
- 钢材：
  - 钢材的屈服强度实测值与抗拉强度实测值的比值不应大于0.85，
  - 钢材应有明显的屈服台阶，且伸长率不应小于20%；
  - 钢材需有良好的焊接性和合格的冲击韧性。

2021/10/31

59

## 4.4.3 节点设计

### 设计原则——强节点弱构件

- 其他楼层节点

$$V_j = \eta_{jb} \frac{M_b^l + M_b^r}{h_{b0} - a_s'} \left( 1 - \frac{h_{b0} - a_s'}{H_c - h_b} \right)$$

$\eta_{jb} = 1.35, 1.2$ , 分别对应一级、二级

$$V_j = 1.15 \frac{M_{bua}^l + M_{bua}^r}{h_{b0} - a_s'} \left( 1 - \frac{h_{b0} - a_s'}{H_c - h_b} \right)$$

2021/10/31

57

## 异形柱结构 设计规定

### 3 结构设计的基本规定

#### 3.1 结构体系

3.1.1 异形柱结构可采用框架结构和框架-剪力墙结构体系。

根据建筑布置及结构受力的需要，异形柱结构中的框架柱，可全部采用异形柱，也可部分采用一般框架柱。

当根据建筑功能需要设置底部大空间时，可通过框架底部抽柱并设置转换梁，形成底部抽柱带转换层的异形柱结构，其结构设计应符合本规程附录A的规定。

3.1.4 异形柱结构体系应通过技术、经济和使用条件的综合分析比较确定，除应符合国家现行标准对一般钢筋混凝土结构的有关要求外，还应符合下列规定：

- 异形柱结构中不应采用部分由砌体墙承重的混合结构形式；
- 抗震设计时，异形柱结构不应采用多塔、连体和错层等复杂结构形式，也不应采用单跨框架结构；
- 异形柱结构的楼梯间、电梯井应根据建筑布置及结构抗侧向作用的需要，合理地布置剪力墙或一般框架柱；
- 异形柱结构的柱、梁、剪力墙均应采用现浇结构

2021/10/31

60

## □异形柱结构 ■ 设计规定

### 结构最大高度限值

表 3.1.2 异形柱结构适用的房屋最大高度(m)

结构体系	非抗震设计	抗震设计			
		6 度		7 度	
		0.05g	0.10g	0.15g	0.20g
框架结构	24	24	21	18	12
框架-剪力墙结构	45	45	40	35	28

### 结构最大高宽比限值

表 3.1.3 异形柱结构适用的最大高宽比

结构体系	非抗震设计	抗震设计			
		6 度		7 度	
		0.05g	0.10g	0.15g	0.20g
框架结构	2.5	4	3.5	3	2.5
框架-剪力墙结构	5	5	4.5	4	3.5

2021/10/31

61

## □异形柱结构 ■ 计算要点

- 由于其截面的特殊性，截面存在不对称性。
- 当水平力较小时，可用平截面假定，按等代矩形截面计算
- 当水平力较大时，且水平力作用在非主轴方向，则翘曲应力不容忽视，按平截面假定误差较大，则应对异形柱框架结构进行有限元分析，决定内力和配筋位置及大小。
- 在进行内力计算和配筋计算时，宜选用带有异形柱计算功能的计算软件。现在有一些软件没有异形柱截面形式，如要用它进行计算，要先进行等刚度等面积换算成矩形柱，进行整体分析，得到双向内力后再进行异形柱的截面设计，其工作量相当大，且截面设计的可靠性不高。
- 常用的可直接进行异形柱截面内力计算和截面设计的软件
- PKPM中的TAT、SATWE程序，以及其他大型计算软件或省院等编著的程序。这些程序均用数值积分法进行正截面配筋设计，准确性较高。

2021/10/31

64

## □异形柱结构 ■ 设计规定

### 结构弹性水平位移限值

表 4.4.1 异形柱结构弹性层间位移角限值

结构体系	[ $\Delta_u$ ]	
框架结构	1/600	(1/700)
框架-剪力墙结构	1/850	(1/950)

注：表中括号内的数字用于底部抽柱带转换层的异形柱结构。

### 结构弹塑性水平位移限值

结构体系	[ $\Delta_p$ ]	
框架结构	1/60	(1/70)
框架-剪力墙结构	1/110	(1/120)

注：表中括号内的数字用于底部抽柱带转换层的异形柱结构。

2021/10/31

62

## □钢框架设计需考虑的因素

### ■ 偏心支撑—耗能作用

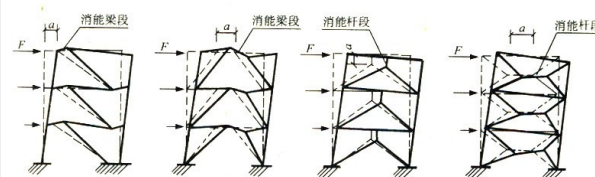


图 5-11 强烈地震作用下偏心支撑的变形状态

2021/10/31

65

## □异形柱结构 ■ 计算要点

### 框架柱轴压比限值

表 5.3.2-1 轴压比影响系数  $\zeta_v$ 

轴压比	≤0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
$\zeta_v$	1.00	0.98	0.95	0.90	0.88	0.86	0.84

注：轴压比  $N/(f_c A)$  指与节点剪力设计值对应的该节点上柱底部轴向压力设计值  $N$  与柱全截面面积  $A$  和混凝土轴心抗压强度设计值  $f_c$  乘积的比值。

### 框架节点验算时，考虑翼缘和截面高度的影响系数

表 5.3.2-2 截面高度影响系数  $\zeta_s$ 

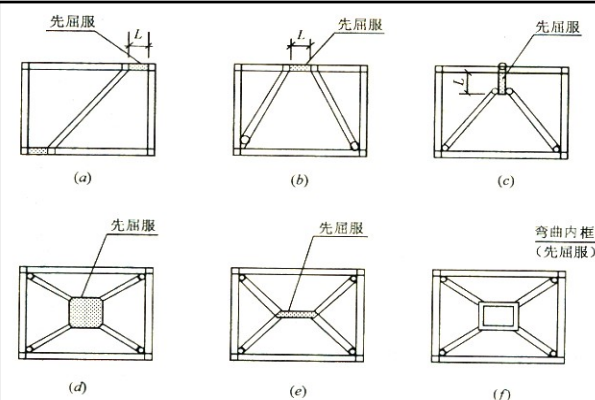
$h_f$	≤600	700	800	900	1000
$\zeta_s$	1	0.9	0.85	0.8	0.75

表 5.3.4-1 翼缘影响系数  $\zeta_f$  (等效)

$b_f - b_c$ (mm)	0	300	400	500	600	700
$\zeta_f$	L形	1	1.05	1.10	1.10	1.10
	T形	1	1.25	1.30	1.35	1.40
	十字形	1	1.40	1.45	1.50	1.55

2021/10/31

63



### 耗能支撑

图 5-10 几种偏心支撑一个节间的构造示意

66