

## 第五章 剪力墙结构

## 5.1 剪力墙结构

## 5.2 剪力墙结构的计算

### 5.3 剪力墙的承载力验算

## 5.4 钢筋混凝土剪力墙的设计

## 5.5 剪力墙结构实例

2021/10/31

### 高层建筑结构

## 5.1 剪力墙结构

### ■ 根据材料分类

- 钢筋混凝土剪力墙结构
- 钢板剪力墙结构
- 钢支撑剪力墙结构
- 钢管混凝土结构

2021/10/31

高层建筑结构

## 5.1 剪力墙结构

### 根据洞口大小分类

## 整体墙

### 整体小开口墙

### 双肢墙、多肢墙

## 壁式框架

2021/10/31

## 高层建筑结构

## 钢筋混凝土剪力墙

## ■ 材料

- 混凝土
  - 钢筋
- 特点**
- 墙体平面内刚度很大，平面外刚度很小；
  - 水平力和竖向力主要由墙平面内的抗侧强度抵抗；
  - 较经济，在我国得到广泛应用；
  - 建筑物高度得到提升；
  - **需合理布置，避免引起扭转；**
  - 主要缺点：室内分隔受到限值。

2021/10/31

高层建筑结构

## 5.2 剪力墙结构的计算

### 5.2.1 结构整体计算

- ❑ 计算简图采用**三维空间整体模型**；
- ❑ 剪力墙宜采用**墙单元**，具有平面内的刚度和平面外的刚度；
- ❑ 剪力墙可根据情况简化为壁式框架单元，需考虑节点刚域的作用；
- ❑ 注意**轴压比**问题；
- ❑ 注意**边缘构件**的配筋率和**截面尺寸**等。

2021/10/31

## 高层建筑结构

- **A级高度建筑物**
  - 7度 120m
  - 8度区？
- **B级高度建筑物？**
- **框支剪力墙高度限值？**
- **抗震等级？**

[illegible]

注:	<p>1 建筑场地为Ⅲ类时,除4度反应谱峰值内降低一度所对应的抗震等级外,其他抗震等级均不变;Ⅳ类时,除4度反应谱峰值内降低二度所对应的抗震等级外,其他抗震等级均不变;Ⅴ类时,除4度反应谱峰值内降低三度所对应的抗震等级外,其他抗震等级均不变。</p> <p>2 抗震等级为四级时,相应的计算结果不应降低。</p> <p>3 抗震等级高于Ⅴ度分型时,应允许按舍离不规则程度及场地、地基条件确定抗震等级。</p> <p>4 跨层抗震锚固长度不小于18mm的规范。</p> <p>5 高度不超过60m的框-核心-筒结构应满足抗震等级要求设计时,应参照本规范附录A.2.2条的相关规定进行抗震等级调整。</p>
----	---

2021/10/31

## 高层建筑结构

1

## 5.2.2 整体剪力墙的计算

方法：悬臂柱的计算分析方法

- 计算模型—悬臂构件
- 计算假定：
  - 单片墙，全高；
  - 底部固定支座；
  - 水平荷载下剪力墙的变形不仅有弯曲变形，还有剪切变形；
  - 不考虑平面外的受力和变形。

2021/10/31

高层建筑结构

7

## 5.2.2 整体剪力墙的计算

$A_w$ ——剪力墙截面毛面积；  
 $A_{op}$ ——剪力墙立面洞口面积；  
 $A_f$ ——剪力墙立面总面积；  
 $\gamma_0$ ——洞口修正系数；  
 $I_{wi}$ ——沿竖向  $i$  段剪力墙的截面惯性矩；  
 $h_i$ —— $i$  段剪力墙的高度。

$$A_w = \gamma_0 A$$

$$\gamma_0 = 1 - 1.25 \sqrt{A_{op} / A_f}$$

$$I_w = \frac{\sum_{i=1}^n I_{wi} h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}$$

2021/10/31

高层建筑结构

8

### ■ 整体剪力墙位移 $u$

倒三角形均布荷载：

$$u = \frac{11 V_0 H^3}{60 EI_w} \left( 1 + \frac{3.64 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

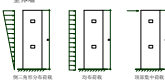
均布荷载下：

$$u = \frac{1 V_0 H^3}{8 EI_w} \left( 1 + \frac{4 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

集中荷载下：

$$u = \frac{1 V_0 H^3}{3 EI_w} \left( 1 + \frac{3 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

$\mu$ ——剪力不均匀系数；矩形截面： $\mu=1.2$   
 $G=0.42E$ ,  $V_0$ ——底部截面剪力



2021/10/31

高层建筑结构

9

## 5.2.3 小开口剪力墙的简化计算

方法：悬臂柱的计算分析方法

- 墙肢变形由两部分组成
- 整体变形+局部变形
- 整体部分的变形同整体墙的计算方法
- 局部变形由墙肢受到的弯矩产生。

2021/10/31

高层建筑结构

10

### 计算简图 墙肢的弯矩

总变形=整体变形+  
墙肢的局部变形

$$\begin{aligned}
 \because M_{Zi} &= M'_{Zi} + M''_{Zi} \\
 \text{定: } M'_{Zi} &= k \cdot M_{Zi} \\
 \text{则: } M''_{Zi} &= (1-k) M_{Zi} \\
 \therefore M_{Zi} &= M'_{Zi} + M''_{Zi} \\
 &= k M_{PZ} \frac{I_i}{I} + (1-k) M_{PZ} \frac{I_i}{\sum I_i}
 \end{aligned}$$

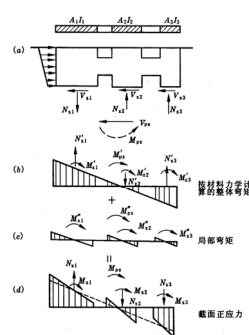


图 5.4 整体小开口墙内力图

2021/10/31

高层建筑结构

11

### 墙肢的 剪力和轴力

剪力按面积和惯性矩的平均值分配；  
轴力由整体弯曲产生。

$$\begin{aligned}
 V_{Zi} &= \frac{I}{2} \left( \frac{A_i}{\sum A_i} + \frac{I_i}{\sum I_i} \right) \\
 N_{Zi} &= N'_{Zi} = \sigma_i A_i = \frac{k M_{PZ} y_i}{I} A_i
 \end{aligned}$$

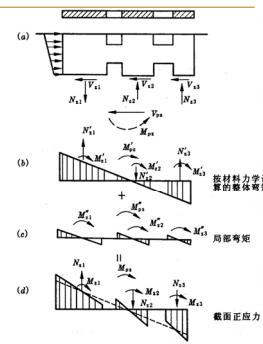


图 5.4 整体小开口墙内力图

2021/10/31

高层建筑结构

12

## 整体小开口剪力墙位移 $u$

倒三角形均布荷载下:

$$u = 1.2 \times \frac{11 V_0 H^3}{60 EI_w} \left( 1 + \frac{3.64 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

均布荷载下:

$$u = 1.2 \times \frac{1 V_0 H^3}{8 EI_w} \left( 1 + \frac{4 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

集中荷载下:

$$u = 1.2 \times \frac{1 V_0 H^3}{3 EI_w} \left( 1 + \frac{3 \mu EI_w}{H^2 GA_w} \right)$$

与整体墙相比,小开口墙变形增大,  $\times 1.2$

2021/10/31

高层建筑结构

13

## 5.2.4 双肢剪力墙的简化计算

方法: **连续连杆法**

假定:

- 剪力墙简化为墙肢和连梁;
- 连梁的反弯点在跨中;
- 各墙肢的刚度相差不悬殊,即墙肢的变形曲线相似;
- 连梁和墙肢考虑弯曲、剪切变形,墙肢还考虑轴向变形;
- 将连梁沿墙肢离散为均匀分布的**连杆**。

2021/10/31

高层建筑结构

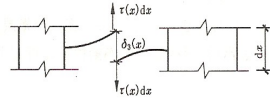
14

## 由切开处的变形连续剪力平衡方程

$$\delta_1(x) + \delta_2(x) + \delta_3(x) = 0$$

$\delta_3(x)$  ——由连梁弯曲和剪切变形产生的相对位移。

$$\delta_3(x) = \frac{\tau(x) h a^3}{3 E I_b^0}$$



2021/10/31

高层建筑结构

15

## 位移协调方程 $\delta_1(x) + \delta_2(x) + \delta_3(x) = 0$

由:  $\delta_1(x) + \delta_2(x) + \delta_3(x) = 0$

$$\text{得: } -2c\theta_m(x) + \frac{1}{E} \left( \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \int_0^H \tau(x) dx + \frac{\tau(x) h a^3}{3 E I_b^0} = 0$$

$$\text{微分: } -2c\theta_m' - \frac{1}{E} \left( \frac{1}{A_1} + \frac{1}{A_2} \right) \tau(x) + \frac{2 h a^3}{3 E I_b^0} \tau'(x) = 0$$

由平衡条件得:  $\theta_m' = f(\tau(x))$

三种水平荷载作用下, 见P85, 式 (5.31)

令连梁对墙肢得约束弯矩:  $m(x) = 2c\tau(x)$

$$\text{解方程可得: } m(\xi) = V_0 \frac{\alpha^2}{\alpha^2} \phi(\xi)$$

2021/10/31

高层建筑结构

16

## 墙肢内力

$i$ 层连梁的约束弯矩:  $m_i = m(\xi_i) h$

$i$ 层连梁的剪力:  $V_{bi} = m'(\xi_i) h / 2c$

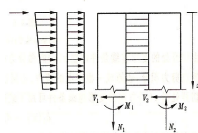
$i$ 层连梁端部弯矩:  $M_{bi} = V_{bi} a_0$

$i$ 层墙肢轴力:  $N_i = \sum_{j=1}^n V_{bj}$

墙肢弯矩按刚度分配

$$M_{i1} = \frac{I_1}{I_1 + I_2} (M_{pi} - \sum_{j=1}^n m_j)$$

$$M_{i2} = \frac{I_2}{I_1 + I_2} (M_{pi} - \sum_{j=1}^n m_j)$$



连梁刚度系数D:  
连梁墙肢刚度比:

$$D = \frac{I_b^0 c^2}{a^3}$$

$$\alpha_i^2 = \frac{6 H^2}{h(I_1 + I_2)} D$$

$$\alpha^2 = \alpha_i^2 + \frac{6 H^2}{2 h s c} D$$

$$s = \frac{2 c A_1 A_2}{A_1 + A_2}$$

2021/10/31

高层建筑结构

17

## 多肢剪力墙的特点

- 多肢墙共有  $k+1$  个墙肢;
- 多肢墙共有  $k$  根连梁; 连梁刚度为:

$$D_i = I_{bi}^0 c_i^2 / a_i^3$$

$$I_{bi}^0 = \frac{I_{bi}}{1 + \frac{3 \mu E I_{bi}}{G A_{bi} a_i^2}}$$

- 多肢墙的整体系数表达式与多墙肢轴向变形系数有关;
- 连梁对墙肢的约束弯矩根据分配系数计算:

2021/10/31

高层建筑结构

18

## 多肢剪力墙的特点

$$m_i = \eta_i m(\xi)$$

$$\eta_i = \frac{D_i \varphi_i}{\sum_{l=1}^k D_l \varphi_l}$$

$\varphi_i$  多肢墙连梁的约束弯矩分布系数

$$\varphi_i = \frac{I}{I + \alpha/4} \left[ 1 + 1.5 \alpha \frac{r_i}{B} \left( 1 - \frac{r_i}{B} \right) \right]$$

2021/10/31

高层建筑结构

19

## 多肢墙内力

$i$ 层连梁的约束弯矩:  $m_i = \eta_i m(\xi_i) h$

$i$ 层连梁的剪力:  $V_{bi} = m(\xi_i) h / 2c$

$i$ 层连梁端部弯矩:  $M_{bi} = V_{bi} a_0$

$i$ 层墙肢轴力:  $N_i = \sum_{l=1}^n (V_{blij} - V_{blij-1})$

墙肢弯矩按刚度分配

$$M_{il} = \frac{I_l}{\sum_{l=1}^n I_l} (M_{Pi} - \sum_{l=1}^n m_l)$$

$$V_{ij} = \frac{I_j^0}{\sum_{l=1}^n I_j^0} V_{Pi}$$

2021/10/31

高层建筑结构

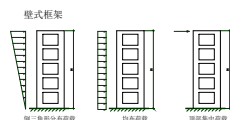
20

## 5.2.6 壁式框架的简化计算

方法: 类似于**框架**

假定:

- 杆件单元;
- 连梁和墙肢的相交部分为刚域;
- 梁柱轴线取连梁和墙肢的截面形心轴线;
- 连梁并不在洞口边缘完全固定, 因此刚域长度并非相交部分的尺寸。
- 类似D值法计算位移。



2021/10/31

高层建筑结构

21

## 刚域长度

梁刚域长度:

$$l_{b1} = a_1 - h_b / 4$$

$$l_{b2} = a_2 - h_b / 4$$

柱刚域长度:

$$l_{c1} = c_1 - b_c / 4$$

$$l_{c2} = c_2 - b_c / 4$$

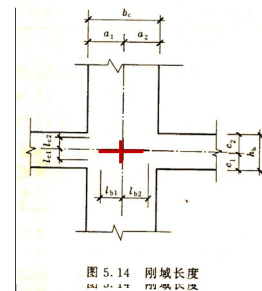


图 5.14 刚域长度

184 1.1.1 1.1.1 1.1.1

2021/10/31

高层建筑结构

22

## 线刚度计算

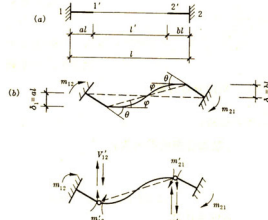
$$m = m_{l2} + m_{2l} = 12i \left( \frac{c+c'}{2} \right)$$

壁梁线刚度:

$$k_l = c'l_l, k_2 = ci_2$$

壁柱线刚度:

$$k_c = \frac{I}{2} (c+c') i_c$$



2021/10/31

高层建筑结构

23

## 反弯点高度

$$y = a + sy_0 + y_1 + y_2 + y_3$$

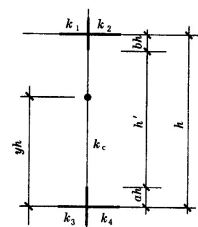


图 5.16 壁柱反弯点位置

2021/10/31

高层建筑结构

24

## 5.2.7 剪力墙类型的判别方法

- 根据整体性分类，即连梁刚度与墙肢刚度的比值：

- 1) 当 $\alpha < 1$ ，连梁刚度很弱，可以忽略连梁对墙肢的约束作用，剪力墙按独立墙肢计算；
- 2) 当 $\alpha \geq 10$ ，连梁刚度很强，剪力墙按整体小开口墙计算；
- 3) 当 $1 < \alpha \leq 10$ ，剪力墙按联肢墙计算。

$$\alpha^2 = \frac{6H^2 \sum_{i=1}^k D_i}{\tau h \sum_{i=1}^{k+1} I_i}$$

2021/10/31

高层建筑结构

25

## 5.2.7 剪力墙类型的判别方法

- 根据沿高度是否出现反弯点进行判断

影响因素：

- 墙肢的惯性矩  $I_i/I$
- 剪力墙的整体系数  $\alpha$
- 结构的层数  $N$

- 判断函数

$$Z_i = \frac{I}{S} \left( 1 - \frac{3}{2N} \frac{A_i / \sum A_i}{I_i / \sum I_i} \right)$$

2021/10/31

高层建筑结构

26

## 5.2.7 剪力墙类型的判别方法

- 判断方法

$$Z_i = \frac{I}{S} \left( 1 - \frac{3}{2N} \frac{A_i / \sum A_i}{I_i / \sum I_i} \right)$$

$$\alpha^2 = \frac{6H^2 \sum_{i=1}^k D_i}{\tau h \sum_{i=1}^{k+1} I_i}$$

- 1) 当 $\alpha < 1$ ，剪力墙按独立墙肢计算；
- 2) 当 $1 < \alpha \leq 10$ ，且 $I_i/I \leq Z$ ，剪力墙按联肢墙计算；
- 3) 当 $\alpha \geq 10$ ，且 $I_i/I \leq Z$ ，剪力墙按整体小开口墙计算；
- 3) 当 $\alpha \geq 10$ ，且 $I_i/I > Z$ ，剪力墙按壁式框架计算。

2021/10/31

高层建筑结构

27

## 5.3 剪力墙的承载力计算

### 5.3.1 正截面承载力计算

- 大偏心受压
- 小偏心受压
- 大偏心受拉
- 小偏心受拉

$$\xi \leq \xi_b$$

$$\xi > \xi_b$$

$$e_0 = \frac{M}{N} \geq \frac{h_w}{2} - a_s$$

$$e_0 = \frac{M}{N} < \frac{h_w}{2} - a_s$$

$$\xi_b = \frac{\beta_1}{1 + \frac{f_y}{E_s \varepsilon_{cu}}}$$

$\beta_1$  随混凝土强度提高而逐渐降低的系数。当 $< C50$ 时取0.8，当大于 $> C80$ 时取0.74，中间插值。

2021/10/31

高层建筑结构

28

### 5.3.1 正截面承载力计算

计算假定：

- 1) 符合平截面假定；
- 2) 竖向分布钢筋参与受力；
- 3) 为安全起见，考虑到竖向钢筋直径较细，易屈曲，故受压区竖向分布钢筋不参与计算；
- 4) 设计原理同混凝土柱。

2021/10/31

高层建筑结构

29

### □ 大偏心受压

$\alpha_1$

受压区混凝土应力与混凝土强度的比值，当 $< C50$ 时取1.0，当大于 $> C80$ 时取0.94，中间插值。

根据内力平衡建立方程

先设定竖向分布钢筋，得出 $M_w$ ，然后再得出 $M_0$

$$N = \alpha_1 f_c b_w x - f_{yw} \frac{A_{sw}}{h_{w0}} (h_{w0} - 1.5x)$$

$$M = \frac{f_{yw} A_{sw} h_{w0}}{2} \left( 1 - \frac{x}{h_{w0}} \right) \left( 1 + \frac{N}{f_{yw} A_{sw}} \right) + f_y A_s (h_{w0} - a_s')$$

$$M = M_0 + M_w$$

$$A_s = \frac{M - M_w}{f_y (h_{w0} - a_s')}$$

2021/10/31

高层建筑结构

30

## □ 小偏心受压

- 根据内力平衡建立方程；
- 一端钢筋应力未达到屈服，增加变形协调方程。

$$N = \alpha_1 f_c b_w x + f_y A_s - \sigma_s A_s$$

$$Ne = \alpha_1 f_c b_w x (h_{w0} - \frac{x}{2}) + f_y A_s' (h_{w0} - a_s')$$

$$e = e_0 + \frac{h_w}{2} - a_s'$$

$$\sigma_s = \frac{\xi - \beta_1}{\xi_b - \beta_1} f_y$$

2021/10/31

高层建筑结构

31

- 根据上述平衡方程，求解可得：

$$A_s' = A_s = \frac{Ne - \xi(1 - 0.5\xi)\alpha_1 f_c b_w h_{w0}^2}{f_y(h_{w0} - a_s')}$$

- 当非对称配筋时，先假定一侧的钢筋，然后求平衡方程，得出另一侧的钢筋；
- 当全截面受压，

$$A_s' = A_s = \frac{Ne - \alpha_1 f_c b_w h_w (h_{w0} - h_w / 2)}{f_y(h_{w0} - a_s')}$$

- 应计算墙体的平面外失稳，按轴心受压构件进行计算

2021/10/31

高层建筑结构

32

## □ 大偏心受拉

$$N = -\alpha_1 f_c b_w x + f_{yw} \frac{A_{sw}}{h_{w0}} (h_{w0} - 1.5x)$$

$$x = \frac{f_{yw} A_{sw} - N}{\alpha_1 f_c b_w + 1.5 f_{yw} A_{sw} / h_{w0}} > 0 \Rightarrow A_{sw} > \frac{N}{f_{yw}}$$

$$M = \frac{f_{yw} A_{sw} h_{w0}}{2} (1 - \frac{x}{h_{w0}}) (1 - \frac{N}{f_{yw} A_{sw}}) + f_y A_s (h_{w0} - a_s')$$

$$M = M_w + M_0$$

$$A_s = \frac{M - M_w}{f_y (h_{w0} - a_s')}$$

2021/10/31

高层建筑结构

33

## □ 大偏心受拉

假定受拉分布筋的面积

原则：1) 截面保证有部分截面受压，则  $x > 0$   
2) 满足最小分布钢筋的构造要求

$$A_{sw} \geq N / f_{yw}$$

$$M_w = \frac{f_{yw} A_{sw} h_{w0}}{2} (1 - \frac{x}{h_{w0}}) (1 - \frac{N}{f_{yw} A_{sw}})$$

$$A_s = \frac{M - M_w}{f_y (h_{w0} - a_s')}$$

2021/10/31

高层建筑结构

34

## □ 小偏心受拉

若全截面受拉，属于小偏心受拉情况。  
可根据受力平衡得到相关方程式，假定分布钢筋，然后求解。

但是，由于剪力墙将处于全截面受拉状态，混凝土开裂，设计中一般不允许剪力墙出现这种情况发生。

2021/10/31

高层建筑结构

35

## 5.3.2 斜截面承载力计算

- 偏心受压抗剪承载力：

- 1) 无地震作用：

$$V_w \leq \frac{I}{\lambda - 0.5} (0.5 f_t b_w h_{w0} + 0.13 N \frac{A_{sw}}{A_{sw}}) + f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$$

- 2) 有地震作用：

$$V_w \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} [\frac{I}{\lambda - 0.5} (0.4 f_t b_w h_{w0} + 0.1 N \frac{A_{sw}}{A_{sw}}) + 0.8 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}]$$

2021/10/31

高层建筑结构

36

### 5.3.2 斜截面承载力计算

#### ■ 偏心受拉抗剪承载力：

1) 无地震作用：

$$V_w \leq \frac{l}{\lambda - 0.5} (0.5 f_t b_w h_{w0} - 0.13 N \frac{A_{sw}}{A_{sw}}) + f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}$$

2) 有地震作用：上式×0.8/0.85

$$V_w \leq \frac{l}{\gamma_{RE}} [\frac{l}{\lambda - 0.5} (0.4 f_t b_w h_{w0} - 0.1 N \frac{A_{sw}}{A_{sw}}) + 0.8 f_{yh} \frac{A_{sh}}{s} h_{w0}]$$

2021/10/31

高层建筑结构

37

### 5.3.2 斜截面承载力计算

#### ■ 剪力墙加强部位剪力放大——强剪弱弯

1) 无地震作用或四级剪力墙，可不调整。

2) 一、二、三级抗震，分别乘放大系数：

1.6、1.4、1.2。

$$V_w = \eta_{vw} V_w$$

3) 9度抗震设计：

$$V = 1.1 \frac{M_{wua}}{M_w} V_w$$

2021/10/31

高层建筑结构

38

### 5.3.2 斜截面承载力计算

#### ■ 剪力墙施工处的抗滑移验算

一级抗震的剪力墙：

$$V_{wj} \leq \frac{l}{\gamma} (0.6 f_y A_s + 0.8 N)$$

解决方式：增加附加钢筋，且保证足够的锚固

2021/10/31

高层建筑结构

39

### 5.4 钢筋混凝土剪力墙的设计

#### ■ 平面布置

#### ■ 竖向布置

#### ■ 轴压比

#### ■ 边缘构件

#### ■ 底部加强区

#### ■ 墙体最小配筋率

#### ■ 连梁构造要求

2021/10/31

高层建筑结构

40

### 平面布置

#### ■ 原则：

- 提高整体抗侧刚度，但不宜过大；
- 尽量使刚度中心和质量中心重合，减少偏心、避免出现扭转效应；
- 尽量少用短肢剪力墙，避免全部短肢墙结构；
- 墙宽不宜超过8m；高宽比宜大于2；
- 沿主轴方向双向布置，墙体轴线与框架轴线对齐。
- 不宜将框架梁支撑在连梁上。

2021/10/31

高层建筑结构

41

### 竖向布置

#### ■ 原则：

- 墙体宜自下向上连续布置；
- 洞口宜对齐，不规则洞口应采取的措施；
- 特别注意梁上剪力墙的设置，支撑剪力墙的梁为框支梁，其抗震等级相应提高；
- 避免出现薄弱层，薄弱层的剪力须乘1.15的抗震增大系数；
- 应控制剪力墙的平面外刚度。

2021/10/31

高层建筑结构

42

## 底部加强区

- 目的：  
为保证剪力墙在出现塑性铰后有一定的延性，应对底部区域进行加强。
- 原则：
  - 墙肢总高度的1/8，墙超过150m时取1/10
  - 或底部2层。

2021/10/31

高层建筑结构

43

## 墙体轴压比限值

- 原则：
  - 提高剪力墙的延性——为使底部剪力墙加强区在罕遇地震下形成塑性铰，避免出现脆性破坏。
  - 在重力荷载代表值作用下的轴压力N，（与框架柱不同）。

轴压比	一级（9度）	一级（7、8度）	二级
$N/f_cA$	0.4	0.5	0.6

2021/10/31

高层建筑结构

44

## 边缘构件

- 约束边缘构件
- 构造边缘构件
- 设置的原则
  - 约束边缘构件：一、二级抗震的剪力墙底部加强部位和上一层剪力墙的端部；
  - 构造边缘构件：一、二级抗震剪力墙的其他部位，三、四级以及非抗震设计的剪力墙的端部。

2021/10/31

高层建筑结构

45

## 约束边缘构件

- 墙肢的长度： $l_c$
- 箍筋体积配箍率：
- 配箍特征值： $\lambda_v$

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

项目	一级（9度）	一级（7、8度）	二级
$\lambda_v$	0.20	0.20	0.20
$l_c$ （暗柱）	$0.25h_{w'}$	$0.20h_{w'}$	$0.20h_{w'}$
$l_c$ （翼柱或端柱）	$0.20h_{w'}$	$0.15h_{w'}$	$0.15h_{w'}$

2021/10/31

高层建筑结构

46

## 约束边缘构件

- 箍筋的直径： $\geq 8\text{mm}$ ；
- 箍筋的间距： $\leq 100\text{mm}$ （一级）  
 $\leq 150\text{mm}$ （二级）
- 纵向钢筋：范围—阴影面积A；  
面积—1.4%，1.2%，1.0%；  
（分别对应特一级、一级、二级剪力墙）
- 直径： $\geq 6\Phi 16$ ， $6\Phi 14$ ；

2021/10/31

高层建筑结构

47

## 剪力墙最小厚度

- 混凝土强度不低于C20；
- 剪力墙厚度

抗震等级	剪力墙部位	有端柱和翼柱		无端柱和翼柱	
一、二级	底部加强区	$H/16$	200	$h/12$	200
	其他部位	$H/20$	160	$h/15$	180
三、四级	底部加强区	$H/20$	160	$H/20$	160
	其他部位	$H/25$	160	$H/25$	180
非抗震区	所有部位	$H/25$	160	$H/25$	180

2021/10/31

高层建筑结构

48



## 剪力墙最小截面

1) 无地震作用:

$$V_w \leq 0.25 \beta_c f_c b_w h_{w0}$$

2) 有地震作用:

剪跨比大于2.5时:

$$V_w \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.20 \beta_c f_c b_w h_{w0})$$

剪跨比不大于2.5时:

$$\lambda = \frac{M^c}{V^c h_{w0}} \quad V_w \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.15 \beta_c f_c b_w h_{w0})$$

2021/10/31

高层建筑结构

49

## 剪力墙分布钢筋

■ 水平钢筋和竖向钢筋:

$$\rho_{sw} = \frac{A_{sw}}{b_w s}$$

剪力墙	抗震等级	最小配筋率	最大间距	最小直径
一般	一、二、三级	0.25%	300	8
一般	四级、非抗震	0.20%	300	8
B级高度	特一级	一般部位0.35% 加强部位0.40%	300	8
温度应力加大部位	抗震与非抗震	0.25%	200	—

2021/10/31

高层建筑结构

50

## 剪力墙钢筋的锚固与搭接 洞口处理

- 搭接长度: 不小于  $1.2l_{aE}$
- 不要在同一位置搭接;
- 搭接错开, 间距不小于500mm;
- 洞口钢筋补强

2021/10/31

高层建筑结构

51

## 连梁设计

■ 原则:

- 基本同普通钢筋混凝土梁设计;
- 一般按双筋截面设计;
- 弯矩和剪力可以调幅:
  - 完全弹性: 6、7度:  $\times 0.8$ ,
  - 8、9度:  $\times 0.5$ ,
- 罕遇地震下可不考虑连梁的作用

■ 正截面抗弯:

$$M \leq f_y A_s (h_{b0} - a')$$

2021/10/31

高层建筑结构

52

## 连梁截面尺寸

■ 最小截面要求:

1) 无地震作用:

$$V_w \leq 0.25 \beta_c f_c b_w h_{w0}$$

2) 有地震作用:

剪跨比大于2.5时:

$$V_w \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.20 \beta_c f_c b_w h_{w0})$$

剪跨比不大于2.5时:

$$V_w \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.15 \beta_c f_c b_w h_{w0})$$

2021/10/31

高层建筑结构

53

## 连梁设计斜截面抗剪承载力

1) 无地震作用:

$$V_w \leq 0.7 f_t b_b h_{b0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{b0}$$

2) 有地震作用:

跨高比>2.5

$$V_b \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.42 f_t b_b h_{b0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{b0})$$

跨高比≤2.5

$$V_b \leq \frac{I}{\gamma_{RE}} (0.38 f_t b_b h_{b0} + 0.9 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{b0})$$

2021/10/31

高层建筑结构

54

## 连梁设计

### ■ 强剪弱弯

一、二、三级抗震：

$$V_b = \eta_{vb} \frac{M_b^l + M_b^r}{l_n} + V_{Gb}$$

9度时：

$$V_b = 1.1 \frac{M_{bua}^l + M_{bua}^r}{l_n} + V_{Gb}$$