

第六章 框架—剪力墙结构

- 6.1 框架—剪力墙结构
- 6.2 框架—剪力墙结构的简化计算
- 6.3 框架、剪力墙的协同工作
- 6.4 框架—剪力墙的设计和构造
- 6.5 板柱—剪力墙的设计和构造
- 6.6 框支剪力墙结构

2021/10/31

高层建筑结构

1

6.1 框架—剪力墙结构

定义：

由框架和剪力墙共同作用承受水平和竖向作用的结构体系。剪力墙抗侧刚度大，在框剪结构中承受较大部分的水平荷载作用。

材料：

钢筋混凝土框架—钢筋混凝土剪力墙
钢框架—钢筋混凝土剪力墙

2021/10/31

高层建筑结构

2

框剪结构之受力特点

- 剪力墙提供了较大部分的抗侧刚度；
- 当剪力墙位于中心部位，仅提供较大的抗剪刚度，框架柱提供较大的抗弯刚度；
- 当剪力墙位于平面外围，不仅提供较大的抗剪刚度，而且提供较大的抗弯刚度及抗扭转刚度；
- 框架—剪力墙结构具有多道抗震防线，是较好的抗震结构形式之一。

2021/10/31

高层建筑结构

3

框剪结构高度限值 (JGJ3-2010, 3.3.1)

A级高度：非抗震 $\leq 150\text{ m}$ ，

6度区 $\leq 130\text{ m}$ ，

7度区 $\leq 120\text{ m}$ ，

8度区 $\leq 100/80\text{ m}$ (0.2g/0.3g)。

B级高度：

非抗震 $\leq 170\text{ m}$ ，

7度区 $\leq 140\text{ m}$ ，

8度区 $\leq 120/100\text{ m}$ (0.2g/0.3g)。

2021/10/31

高层建筑结构

4

框剪结构高宽比限值 (JGJ3-2010, 3.3.2)

框架-剪力墙：非抗震 ≤ 7 ，
6度区、7度区 ≤ 6 ，
8度区 ≤ 5 ，
9度区 ≤ 4

板柱-剪力墙：非抗震 ≤ 6 ，
6度区、7度区 ≤ 5 ，
8度区 ≤ 4 ，
9度区 不适宜

2021/10/31

高层建筑结构

5

框剪结构位移限值

位移限值：

混凝土剪力墙

层间弹性位移最大值 $\leq 1/800$

弹塑性位移最大值 $\leq 1/100$

2021/10/31

高层建筑结构

6

剪力墙的布置

■ 剪力墙的数量

- 剪力墙多，刚度大，相应的侧向变形小；
- 剪力墙多，刚度大，对高层和超高层结构而言，所受到的地震力大；
- 剪力墙多，空间受到限制。

2021/10/31

高层建筑结构

7

剪力墙的布置

- 需在满足**建筑功能**和**结构安全**的前提下，考虑经济、施工等多项指标，得出优化后的合理方案。
- 满足**结构抗侧承载力**要求，满足**水平位移**要求，满足**结构扭转刚度**要求。

2021/10/31

高层建筑结构

8

剪力墙平面布置原则

■ 平面布置原则

- 均匀、分散、对称、周边。
- 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；
- 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

9

剪力墙平面布置原则

■ 位置：

- 竖向荷载较大处；
- 建筑物端部；
- 楼电梯间；
- 平面形状变化处。

2021/10/31

高层建筑结构

10

剪力墙竖向布置原则

■ 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

11

剪力墙的布置

■ 注意事项：

- 温度应力的影响；
- 平面扭转问题；
- **楼板平面内刚度的作用。**

2021/10/31

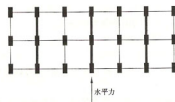
高层建筑结构

12

6.2 框架—剪力墙的简化计算

■ 基本假定：

- 楼板在平面内刚度无限大；
- 结构较规则，不考虑扭转效应；
- 不考虑剪力墙和框架柱的轴向变形及基础转动。



2021/10/31

高层建筑结构

图 6.4 框架-剪力墙结构平面示意图

13

6.2 框架—剪力墙的简化计算

■ 简化方法

- 框架剪力墙整体 = $\text{总框架} + \text{总剪力墙} + \text{连杆}$
- 铰接模型：
连杆两端与总框架和总剪力墙铰接
- 刚接模型：
连杆一端与总框架铰接，另一端与总剪力墙刚接。

2021/10/31

高层建筑结构

14

6.2 框架—剪力墙的简化计算

- **总框架**
 - 同一平面内框架按抗剪刚度凝聚成具有代表性的一榀框架
- **总剪力墙**
 - 同一平面内剪力墙按抗剪刚度凝聚成具有代表性的一片剪力墙
- **连杆**
 - 刚性楼板凝聚成楼板，是一个连接单元，不是梁，也不是连梁。

2021/10/31

高层建筑结构

15

铰接模型的计算要点

1. 建立等效总剪力墙刚度 EI_w
2. 建立等效总框架刚度 C_f
3. 刚度特征系数 λ
4. 楼板相当于**连杆**，铰接于框架和剪力墙
5. **建立剪力墙脱离体**，框架的作用相当于“**弹性地基梁**”
6. 根据边界条件建立微分方程
7. 求出满足方程的解

$$EI_w = \frac{\sum_{i=1}^m h_i EI_{wi}}{H}$$

$$C_f = \frac{\sum_{i=1}^m h_i C_{fi}}{H}$$

$$\lambda = H \sqrt{\frac{C_f}{EI_w}}$$

2021/10/31

高层建筑结构

16

刚接模型的简化计算

- 连杆一端与总框架铰接，另一端与总剪力墙刚接

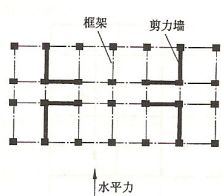


图 6.6 框架-剪力墙结构平面图

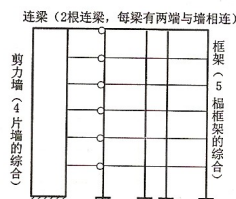


图 6.7 刚接体系计算简图

2021/10/31

高层建筑结构

17

刚接模型的计算要点

1. 建立等效总剪力墙刚度 EI_w
2. 建立等效总框架刚度 C_f
3. 建立连杆总约束刚度 ——
4. **连杆对剪力墙有约束作用**
5. 刚度特征系数 λ
6. 建立剪力墙脱离体，框架的作用相当于“**弹性地基梁**”
7. 根据边界条件建立微分方程
8. 求出满足方程的解

$$EI_w = \frac{\sum_{i=1}^m h_i EI_{wi}}{H}$$

$$C_f = \frac{\sum_{i=1}^m h_i C_{fi}}{H}$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{m_{abi}}{h}$$

$$\lambda = H \sqrt{\frac{C_f + \sum_{i=1}^n \frac{m_{abi}}{h}}{EI_w}}$$

2021/10/31

高层建筑结构

18

6.4 框剪结构设计和构造

■ 剪力墙的最小配筋率:

- 抗震设计: 0.25%;
- 非抗震设计: 0.20%;
- 双排布置, 设拉筋, 间距<600mm。

2021/10/31

高层建筑结构

25

6.5 板柱-剪力墙

结构设计和构造

■ 带边框剪力墙的设计要求

- 等代框架法模拟板柱结构, 等代梁宽为间距的1/4;
- 注意柱上板带的抗震设计, 弯矩反号;
- 楼板冲切应力计算<0.7ft;
- 等代梁双向布置, 通过柱截面的板底连续布筋:

$$A_s \leq N_G / f_y$$

N_G 为楼面重力荷载代表值作用下的柱轴向压力设计值, 8度时尚宜计入竖向地震作用

2021/10/31

高层建筑结构

26

6.5 板柱-剪力墙结构设计和构造

■ 带边框剪力墙的构造要求

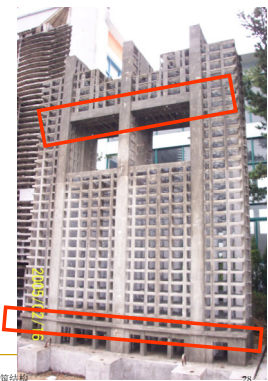
- 柱上板带设暗梁, 梁宽为(柱宽+两侧1.5板厚), 钢筋连续布置, 板底钢筋不少于板顶钢筋50%;
- 柱托设计;
- 板上开洞的位置、间距和补强。

2021/10/31

高层建筑结构

27

6.6 框支剪力墙



2021/10/31

高层建筑结构

28

框支剪力墙结构特点

- 由框架支撑上部的剪力墙结构
- 提供较大的底部大空间, 便于作为商场
- 框支层是变形的薄弱环节
- 框支柱的抗变形能力要求高于框架柱和剪力墙
 - 层间弹性位移角最大值 $\leq 1/1000$
 - 弹塑性位移角最大值 $\leq 1/120$

2021/10/31

高层建筑结构

29

框支剪力墙结构难点

- 支撑上部剪力墙结构的转换层的设计
 - 计算假定
 - 有限元单元选择
 - 设计构造
 - 刚度突变
- 框支柱的设计
 - 强度与刚度
 - 延性

2021/10/31

高层建筑结构

30