

第七章 筒体结构



2021/11/11

高层建筑结构

1

第七章 筒体结构

7.1 筒体结构的特性

7.2 框筒体系的简化计算

7.3 框筒体系的设计

2021/11/11

高层建筑结构

2

第七章 筒体结构体系

定义:

- 筒体体系是指建筑的周边由紧密间隔的柱子组成，柱子由深梁连接而成。该系统作为一个空心垂直悬臂墙，工作效率相当高。

其中有：框筒、桁架筒、筒中筒、束筒

2021/11/11

高层建筑结构

3

特性

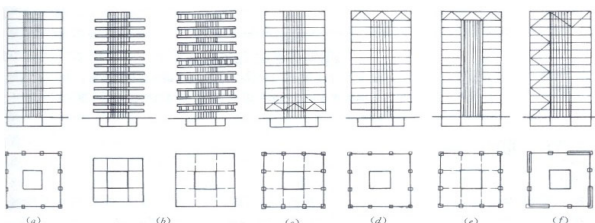
- 高并且规则
高度超过 100m,
长宽比小于1:2.5
- 密柱深梁
内部空间大
功能多，适用于办公室和酒店



International Futong Tower
Bank of Communication

2021/11/11

不同类型的内部筒体系统



- (a) Frame tube (b) Tube with cantilever slabs
(c) Tube with bottom truss (e) braced tube (side or exterior braces)
(d) Tube with top truss and hanging columns

2021/11/11

高层建筑结构

5

框筒的特性

- 用最简单的术语来说，框筒可以被定义为一个三维系统，它利用整个建筑的周边来抵抗侧向荷载。创建一个像墙一样的三维结构的必要要求是在建筑外部放置相对接近的柱子，由深桁架梁连接。
- 实际上，柱子之间的间距为4米(10英尺)到6.1米(20英尺)，梁的深度从0.90米到1.5米(3到5英尺)不等。

2021/11/11

高层建筑结构

6

框筒的特性

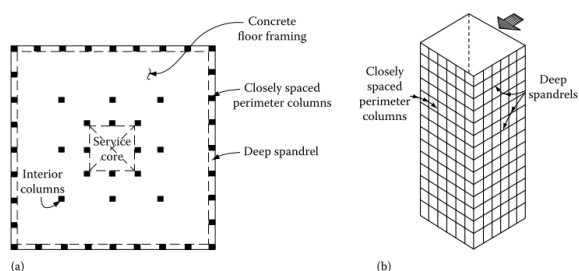


FIGURE 3.30 Frame tube building. (a) Schematic plan and (b) isometric view.

2021/11/11

高层建筑结构

7

剪力滞后现象

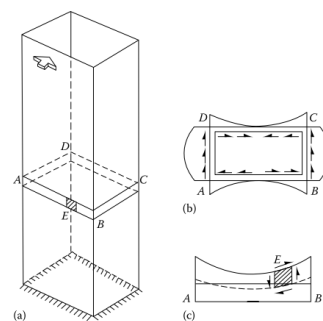


FIGURE 3.31 Shear lag effects in a hollow tube structure: (a) cantilever tube subjected to lateral loads, (b) shear stress distribution, and (c) distortion of flange element caused by shear stresses.

2021/11/11

高层建筑结构

8

剪力滞后现象

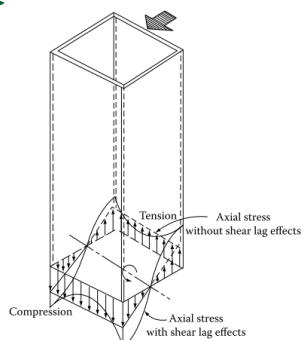


FIGURE 3.32 Axial stress distribution in a square hollow tube with and without shear lag.

2021/11/11

高层建筑结构

9

剪力滞后现象

每个连续的内部柱有更小的变形，因此具有比外部柱更低的轴力。

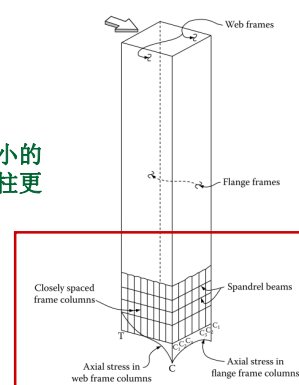


FIGURE 3.34 Shear lag in framed tube.

2021/11/11

高层建筑结构

10

剪力滞后现象

- 角柱的轴力比实腹筒的轴力要大，内部柱的则小
- 内部柱的轴力滞后于角柱，因此导致了剪力滞后
- 由于柱轴力的有效分布不如理想筒体结构，框筒结构的抗弯承载力 and 抗弯刚度要小得多。

2021/11/11

高层建筑结构

11

剪力滞后现象

- 虚线：理想的筒体
- 实线：框筒

■ 由于剪力滞后的影响，尽管框筒是高效的，结构的潜在刚度和强度不能得到充分利用，

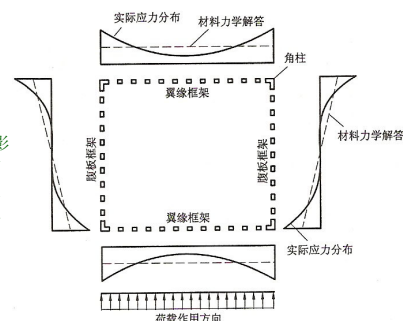


图 7.5 框筒结构底部柱内正应力分布

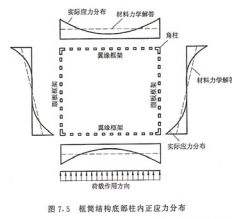
2021/11/11

高层建筑结构

12

剪力滞后现象

- Because of the effects of shear lag, it **does not fully utilize** the potential stiffness and strength of the structure, although a framed tube is highly efficient.



Solution?



2021/11/11

高层建筑结构

13

内筒的承载特性

- 钢筋混凝土剪力墙在核心区域形成封闭的内筒;
- 在结构的底部, 内筒承受较大的剪力, 导致筒体的变形曲线以弯曲挠曲为主;
- 内筒由侧向荷载引起的弯矩较小;

2021/11/11

高层建筑结构

14

水平加强层的承载特性

- 水平加强层是指带有水平伸臂或带状大梁的楼层。这些楼层主要用作设备楼层, 可用空间较小。
- 加强层的作用是连接内外筒, 形成一个巨大的抗侧移荷载体系, 减小层间位移和顶部位移。
- 约束协调框架筒和核心筒的变形, 消除板的屈曲。

2021/11/11

高层建筑结构

15

筒体高度限值

Height of Grade A:

non-seismic ≤ 200 m,
7 degree ≤ 150 m,
8 degree ≤ 120 m;

Height of Grade B:

Tube-in-tube, Frame core-tube
non-seismic ≤ 220 m,
7 degree ≤ 180 m,
8 degree ≤ 140 m;

2021/11/11

高层建筑结构

16

筒体的容许位移

- Limit of displacement:
RC shear-wall:
elastic storey drift angle $\leq 1/1000$
elasto-plastic drift angle $\leq 1/120$

2021/11/11

高层建筑结构

17

7.2 筒体的简化计算

- 三维有限元计算
- 空间连杆-薄柱矩阵位移法
- 平面展开矩阵位移法
- 等效弹性连续体积分法
- 有限切片法

2021/11/11

高层建筑结构

18

7.3 设计的基本要求

- ❑ 建筑物高度不应低于60米，高宽比不应低于3；
- ❑ 混凝土强度等级大于等于C30
- ❑ 相邻楼层立柱不连续时，应设置转换梁，梁深应大于L/6
- ❑ 钢筋应两个方向布置，在楼板外角处布置两层
- ❑ 钢筋的直径和配筋率应该满足最低要求
- ❑ 系梁，特别是外框筒的系梁，必须满足剪切截面的最低要求。

2021/11/11

高层建筑结构

19

腹梁的设计

- 最小截面的要求：

1) 无地震：

$$V_w \leq 0.25 \beta_c f_c b_b h_{b0}$$

2) 有地震：

剪跨比>2.5：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.20 \beta_c f_c b_b h_{b0})$$

剪跨比≤2.5：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 \beta_c f_c b_b h_{b0})$$

2021/11/11

高层建筑结构

20

框筒的系梁

跨高比≤2.0

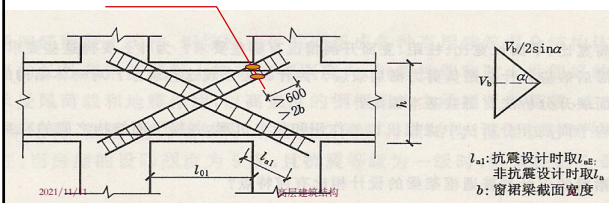
无地震：

$$A_s = \frac{V_b}{2 f_y \sin \alpha}$$

有地震：

$$A_s = \frac{V_b \gamma_{RE}}{2 f_y \sin \alpha}$$

As, area of reins.



2021/11/11

高层建筑结构

腹梁的抗剪承载力

连接梁斜截面抗剪承载力

1) 无地震：

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

2) 有地震

跨高比>2.5

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.42 f_t b_b h_{b0} + f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{b0})$$

跨高比≤2.5

$$V_b \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.38 f_t b_b h_{b0} + 0.9 f_{yv} \frac{A_{sv}}{s} h_{b0})$$

2021/11/11

高层建筑结构

22

外框筒柱(薄壁柱)的设计

- 柱间距不应大于4m，柱截面强轴应布置在筒壁方向；
- 开洞面积不应大于墙面的60%，开洞的高宽比应接近层高与柱间距的比例；
- 角柱的截面面积应是内柱的1~2倍。

2021/11/11

高层建筑结构

23

外框筒柱(薄壁柱)的设计

- 最大轴压比要求：
按照框架剪力墙结构
- 最小截面的要求：

1) 无地震：

$$V_w \leq 0.25 \beta_c f_c b_c h_{c0}$$

2) 有地震：

剪跨比>2.5：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.20 \beta_c f_c b_c h_{c0})$$

剪跨比≤2.5：

$$V_w \leq \frac{1}{\gamma_{RE}} (0.15 \beta_c f_c b_c h_{c0})$$

2021/11/11

高层建筑结构

24

核心筒筒壁设计

- 筒中筒和框筒系统的内筒长度建议分别为其高度的 $1/15 \sim 1/12$ 和 $1/12$ 。
- 墙体开口不应在水平方向连续。空间应大于 1.2m 。壁截面的深厚比应大于 3 。
- 确定墙体加筋面积
- 边界单元的设计
- 轴压比限值