

第 3 章 习题答案

某四层教学综合楼的平面、剖面图如图 3-21 所示，屋盖、楼盖采用预制钢筋混凝土空心板，墙体采用烧结普通砖和水泥石灰混合砂浆砌筑，砖的强度等级为 MU10，三、四层砂浆的强度等级为 M5.0，一、二层砂浆的强度等级为 M7.5，施工质量控制等级为 B 级。各层墙厚如图 3-21 所示。试计算各层墙体控制截面的内力。

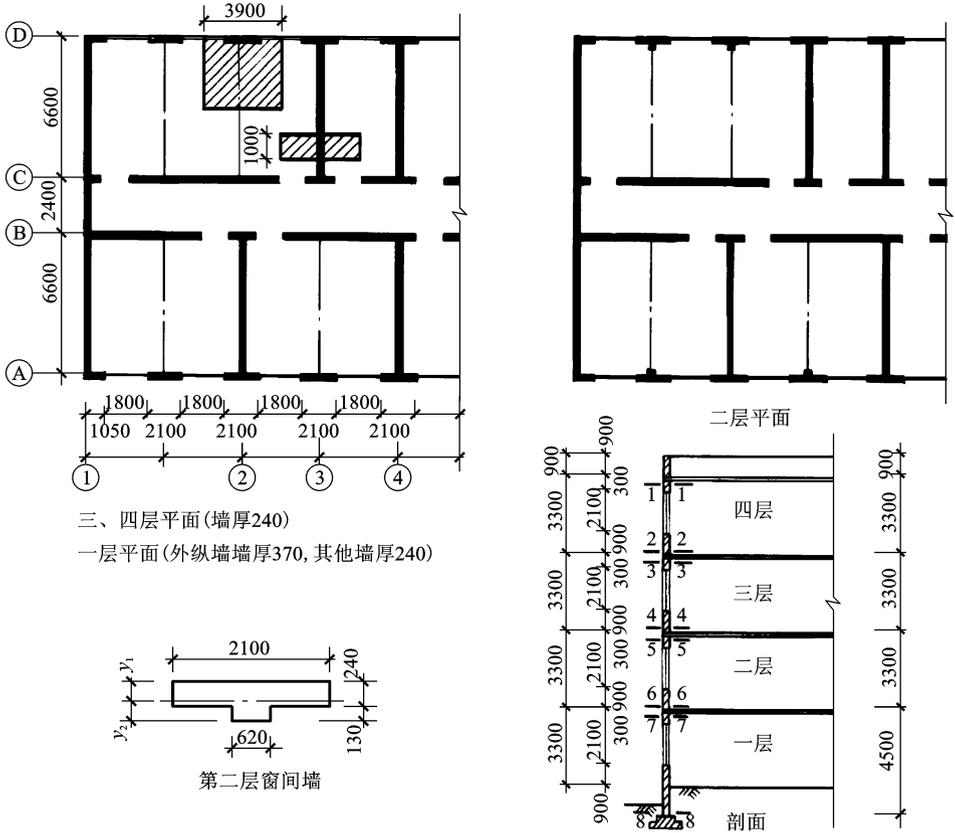


图 3-21 教学综合楼平面、剖面图

已知的荷载资料如下：

屋面自上而下的构造作法为：35 mm 厚配筋细石混凝土板；顺水方向砌 120 厚条砖高 180 mm 间距 500 mm；三毡四油沥青防水卷材，撒铺绿豆沙；40 mm 厚防水珍珠岩保温层；20 mm 厚 1:2.5 水泥砂浆找平层；110 mm 厚预应力混凝土空心板（包括灌缝）；15 mm 厚板底纸筋石灰砂浆粉刷；屋面梁的截面尺寸为 250 mm × 600 mm。

楼面自上而下的构造作法为：15 mm 大理石面层；20 mm 厚水泥砂浆找平层；110 mm 厚预应力混凝土空心板；15 mm 厚板底纸筋石灰砂浆粉刷；楼面梁的截面尺寸为 250 mm × 600 mm。

【解】

一、确定房屋的静力计算方案

最大横墙间距 $s = 3.9 \times 3 = 11.7 \text{ m}$ ，屋盖、楼盖类别属于第 1 类，查表 3-2， $s < 32 \text{ m}$ ，因此本房屋属刚性方案房屋。

二、荷载计算

1. 屋面恒荷载标准值

35 mm 厚配筋细石混凝土板	$25 \times 0.035 = 0.875 \text{ kN/m}^2$
顺水方向砌 120 厚条砖高 180 mm	$19 \times 0.18 \times 0.12 / 0.5 = 0.821 \text{ kN/m}^2$
三毡四油沥青防水卷材，撒铺绿豆沙	0.4 kN/m^2
40 mm 厚防水珍珠岩	$4 \times 0.04 = 0.16 \text{ kN/m}^2$
20 mm 厚 1:2.5 水泥砂浆找平层	$20 \times 0.02 = 0.4 \text{ kN/m}^2$
110 mm 厚预应力混凝土空心板(包括灌缝)	2.0 kN/m^2
15 mm 厚板底粉刷	$16 \times 0.015 = 0.24 \text{ kN/m}^2$
合计	4.896 kN/m^2
屋面梁自重	$25 \times 0.25 \times 0.6 = 3.75 \text{ kN/m}$

2. 上人屋面的活荷载标准值

$$2.0 \text{ kN/m}^2$$

3. 楼面恒荷载标准值

15 mm 厚大理石面层	$28 \times 0.015 = 0.42 \text{ kN/m}^2$
20 mm 厚水泥砂浆找平	$20 \times 0.02 = 0.4 \text{ kN/m}^2$
110 mm 厚预应力混凝土空心板	2.0 kN/m^2
15 mm 厚板底粉刷	0.24 kN/m^2
合计	3.06 kN/m^2
楼面梁自重	$25 \times 0.25 \times 0.6 = 3.75 \text{ kN/m}$

4. 墙体自重标准值

240 mm 厚墙体自重	5.24 kN/m^2 (按墙面积)
370 mm 厚墙体自重	7.71 kN/m^2 (按墙面积)
铝合金玻璃窗自重	0.4 kN/m^2 (按墙面积)

5. 楼面活荷载标准值

根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)，教室、食堂、一般资料档案室的楼面活荷载标准值为 2.5 kN/m^2 。因本教学综合楼使用荷载较大，根据实际情况楼面活荷载标准值取 3.0 kN/m^2 。此外，按荷载规范，设计房屋墙和基础时，楼面活荷载标准值采用与其楼面梁相同的折减系数，而楼面梁的从属面积为 $6.6 \times 3.9 = 25.74 \text{ m}^2 < 50 \text{ m}^2$ ，因此楼面活荷载不必折减。

该房屋所在地区的基本风压为 0.35 kN/m^2 ，且房屋层高小于 4 m，房屋总高小于 28 m，由表 3.4 可知，该房屋设计时可不考虑风荷载的影响。

三、纵墙控制截面内力计算

1. 选取计算单元

该房屋有内、外纵墙。对于外纵墙，相对而言，D 轴线墙比 A 轴线墙更不利。对于内纵墙，虽然走廊楼面荷载使内纵墙(B、C 轴线)上的竖向压力有所增加，但梁(板)支承处墙体

的轴向力偏心距却有所减小，并且内纵墙上的洞口宽度较外纵墙上的小。因此可只在 D 轴线上取一个开间的外纵墙作为计算单元，其受荷面积为 $3.9 \times 3.3 = 12.87 \text{ m}^2$ (实际需扣除一部分墙体的面积，这里仍近似地以轴线尺寸计算)。

2. 确定计算控制截面

通常每层墙的控制截面位于墙的顶部梁(或板)的底面(如截面 1-1)和墙底的底面(如截面 2-2)处。在截面 1-1 等处，梁(或板)传来的支承压力产生的弯矩最大，且为梁(或板)端支承处，其偏心受压和局部受压均为不利。相对而言，截面 2-2 等处承受的轴向压力最大(相同楼层条件下)。

本楼第三层和第四层墙体所用的砖、砂浆强度等级、墙厚虽相同，但轴向力的偏心距不同；第一层和第二层墙体的墙厚不同，因此需对截面 1-1 ~ 8-8 的控制截面内力分别进行计算。

3. 荷载计算

取一个计算单元，作用于纵墙的荷载标准值如下：

$$\text{屋面恒荷载} \quad 4.896 \times 12.87 + 3.75 \times 3.3 = 75.39 \text{ kN}$$

$$\text{女儿墙自重(厚 240 mm, 高 900 mm, 双面粉刷)} \quad 5.24 \times 0.9 \times 3.9 = 18.4 \text{ kN}$$

$$\text{二、三、四层楼面恒荷载} \quad 3.06 \times 12.87 + 3.75 \times 3.3 = 51.76 \text{ kN}$$

$$\text{屋面活荷载} \quad 2.0 \times 12.87 = 25.74 \text{ kN}$$

$$\text{二、三、四层楼面活荷载} \quad 3.0 \times 12.87 = 38.61 \text{ kN}$$

$$\text{三、四层墙体和窗自重} \quad 5.24 \times (3.3 \times 3.9 - 2.1 \times 1.8) + 0.4 \times 2.1 \times 1.8 = 49.14 \text{ kN}$$

二层墙体(包括壁柱)和窗自重

$$5.24 \times (3.3 \times 3.9 - 2.1 \times 1.8 - 0.62 \times 3.3) + 0.4 \times 2.1 \times 1.8 + 7.71 \times 0.62 \times 3.3 = 54.12 \text{ kN}$$

$$\text{一层墙体和窗自重} \quad 7.71 \times (3.9 \times 4.5 - 2.1 \times 1.8) + 0.4 \times 2.1 \times 1.8 = 107.68 \text{ kN}$$

4. 控制截面的内力计算

(1) 第四层

第四层截面 1—1 处

由屋面荷载产生的轴向力设计值应考虑两种内力组合。

$$N_1^{(1)} = 1.2 \times (75.39 + 18.4) + 1.4 \times 25.74 = 148.58 \text{ kN}$$

$$N_1^{(2)} = 1.35 \times (75.39 + 18.4) + 1.4 \times 0.7 \times 25.74 = 151.84 \text{ kN}$$

$$N_{sl}^{(1)} = 1.2 \times 75.39 + 1.4 \times 25.74 = 126.5 \text{ kN}$$

$$N_{sl}^{(2)} = 1.35 \times 75.39 + 1.4 \times 0.7 \times 25.74 = 127 \text{ kN}$$

三、四层墙体采用 MU10 烧结普通砖、M5.0 水泥石灰混合砂浆砌筑，查表 1-1 可知砌体的抗压强度设计值 $f = 1.5 \text{ MPa}$ ；一、二层墙体采用 MU10 烧结普通砖、M7.5 水泥混合砂浆砌筑，砌体的抗压强度设计值 $f = 1.69 \text{ MPa}$ 。

屋(楼)面梁端均设有刚性垫块，由式(3-8)和表 3-5，取 $\sigma_0/f \approx 0$ ， $\delta_1 = 5.4$ ，此时刚性垫块上表面处梁端有效支承长度 $a_{0,b}$ 为：

$$a_{0,b} = 5.4 \sqrt{\frac{h_c}{f}} = 5.4 \sqrt{\frac{600}{1.5}} = 108 \text{ mm}$$

$$M_1^{(1)} = N_{sl}^{(1)} (y - 0.4a_{0,b}) = 126.5 \times (0.12 - 0.4 \times 0.108) = 9.72 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$M_1^{(2)} = N_{5l}^{(2)} (y - 0.4a_{0,b}) = 127 \times (0.12 - 0.4 \times 0.108) = 9.754 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_1^{(1)} = M_1^{(1)} / N_1^{(1)} = 9.72 / 148.58 = 0.065 \text{ m}$$

$$e_1^{(2)} = M_1^{(2)} / N_1^{(2)} = 9.75 / 151.84 = 0.064 \text{ m}$$

第四层截面 2—2 处

轴向力为上述荷载 N_1 与本层墙自重之和

$$N_2^{(1)} = 148.58 + 1.2 \times 49.14 = 207.55 \text{ kN}$$

$$N_2^{(2)} = 151.84 + 1.35 \times 49.14 = 218.18 \text{ kN}$$

(2) 第三层

第三层截面 3—3 处

轴向力为上述荷载 N_2 与本层楼盖荷载 N_{4l} 之和。

$$N_{4l}^{(1)} = 1.2 \times 51.76 + 1.4 \times 38.61 = 116.2 \text{ kN}$$

$$N_3^{(1)} = 207.55 + 116.2 = 323.75 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(1)} = \frac{207.55 \times 10^{-3}}{2.1 \times 0.24} = 0.412 \text{ MPa}, \quad \sigma_0^{(1)} / f = 0.412 / 1.5 = 0.275, \quad \text{查表 3-5}, \quad \delta_1^{(1)} = 5.81,$$

$$\text{则 } a_{0,b}^{(1)} = 5.81 \sqrt{\frac{600}{1.5}} = 116 \text{ mm},$$

$$M_3^{(1)} = N_{4l}^{(1)} (y - 0.4a_{0,b}^{(1)}) = 116.2 \times (0.12 - 0.4 \times 0.116) = 8.55 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_3^{(1)} = M_3^{(1)} / N_3^{(1)} = 8.55 / 323.75 = 0.026 \text{ m}$$

$$N_{4l}^{(2)} = 1.35 \times 51.76 + 1.4 \times 0.7 \times 38.61 = 107.7 \text{ kN}$$

$$N_3^{(2)} = 218.18 + 107.7 = 325.88 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(2)} = \frac{218.18 \times 10^{-3}}{2.1 \times 0.24} = 0.433 \text{ MPa}$$

$$\sigma_0^{(2)} / f = 0.433 / 1.5 = 0.29$$

$$\text{查表 3-5}, \quad \delta_1^{(2)} = 5.84, \quad \text{则} \quad a_{0,b}^{(2)} = 5.84 \sqrt{\frac{600}{1.5}} = 116.8 \text{ mm}$$

$$M_3^{(2)} = N_{4l}^{(2)} (y - 0.4a_{0,b}^{(2)}) = 107.7 \times (0.12 - 0.4 \times 0.1168) = 7.89 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_3^{(2)} = M_3^{(2)} / N_3^{(2)} = 7.89 / 325.88 = 0.024 \text{ m}$$

第三层截面 4—4 处

轴向力为上述荷载 N_3 与本层墙自重之和,

$$N_4^{(1)} = 323.75 + 1.2 \times 49.14 = 382.72 \text{ kN} \quad N_4^{(2)} = 325.88 + 1.35 \times 49.14 = 392.22 \text{ kN}$$

(3) 第二层

第二层截面 5—5 处

轴向力为上述荷载 N_4 与本层楼盖荷载之和

$$N_{5l}^{(1)} = 116.2 \text{ kN} \quad N_5^{(1)} = 382.72 + 116.2 = 498.92 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(1)} = 382.72 \times 10^{-3} / (2.1 \times 0.24 + 0.13 \times 0.62) = 0.655 \text{ MPa}$$

$$\sigma_0^{(1)} / f = 0.655 / 1.69 = 0.39$$

$$\text{查表 3.5}, \quad \delta_1^{(1)} = 5.99, \quad \text{则} \quad a_{0,b}^{(1)} = 5.99 \sqrt{\frac{600}{1.69}} = 113 \text{ mm}$$

据图 3-21, 计算二层窗间墙的形心

$$y_1 = \frac{2100 \times 240 \times 120 + 620 \times 130 \times (240 + 0.5 \times 130)}{2100 \times 240 + 620 \times 130} = 146 \text{ mm}$$

$$y_2 = 370 - 146 = 224 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} M_5^{(1)} &= N_{3l}^{(1)}(y_2 - 0.4a_{0,b}^{(1)}) - N_4^{(1)}(y_1 - y) \\ &= 116.2 \times (0.224 - 0.4 \times 0.113) - 382.72 \times (0.146 - 0.12) \\ &= 10.8 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$e_5^{(1)} = M_5^{(1)} / N_5^{(1)} = 10.8 / 498.92 = 0.022 \text{ m}$$

$$N_{3l}^{(2)} = 107.7 \text{ kN} \quad N_5^{(2)} = 392.22 + 107.7 = 499.92 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(2)} = 392.22 \times 10^{-3} / (2.1 \times 0.24 + 0.62 \times 0.13) = 0.671 \text{ MPa}$$

$$\sigma_0^{(2)} / f = 0.671 / 1.69 = 0.397$$

查表 3-5, $\delta_1^{(2)} = 5.99$, 则 $a_{0,b}^{(2)} = 5.99 \sqrt{\frac{600}{1.69}} = 113 \text{ mm}$

$$M_5^{(2)} = 107.7 \times (0.224 - 0.4 \times 0.113) - 392.22 \times (0.146 - 0.12) = 9.06 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_5^{(2)} = 9.06 / 499.92 = 0.018 \text{ m}$$

第二层截面 6—6 处

轴向力为上述荷载 N_5 与本层墙体自重之和

$$N_6^{(1)} = 498.92 + 1.2 \times 54.12 = 563.9 \text{ kN} \quad N_6^{(2)} = 499.92 + 1.35 \times 54.12 = 573 \text{ kN}$$

(4) 第一层

第一层截面 7—7 处

轴向力为上述荷载 N_6 与本层楼盖荷载之和

$$N_{2l}^{(1)} = 116.2 \text{ kN} \quad N_7^{(1)} = 563.9 + 116.2 \text{ kN} = 680.1 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(1)} = 563.9 \times 10^{-3} / (2.1 \times 0.37) = 0.902 \text{ MPa} \quad \sigma_0^{(1)} / f = 0.902 / 1.69 = 0.544$$

查表 3-5, $\delta_1^{(1)} = 6.65$, 则 $a_{0,b}^{(1)} = 6.65 \sqrt{\frac{600}{1.69}} = 125 \text{ mm}$

$$\begin{aligned} M_7^{(1)} &= N_{2l}^{(1)}(y - 0.4a_{0,b}^{(1)}) - N_6^{(1)}(y - y_1) \\ &= 116.2 \times (0.185 - 0.4 \times 0.125) - 563.9 \times (0.185 - 0.146) \\ &= -6.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \end{aligned}$$

$$e_7^{(1)} = -6.31 / 680.1 = -0.009 \text{ m}$$

$$N_{2l}^{(2)} = 107.7 \text{ kN} \quad N_7^{(2)} = 573 + 107.7 = 680.7 \text{ kN}$$

$$\sigma_0^{(2)} = 573 \times 10^{-3} / (2.1 \times 0.37) = 0.737 \text{ MPa} \quad \sigma_0^{(2)} / f = 0.737 / 1.69 = 0.436$$

查表 3.5, $\delta_1^{(2)} = 6.16$, 则 $a_{0,b}^{(2)} = 6.16 \sqrt{\frac{600}{1.69}} = 116 \text{ mm}$

$$M_7^{(2)} = 107.7 \times (0.185 - 0.4 \times 0.116) - 573 \times (0.185 - 0.146) = -7.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$e_7^{(2)} = -7.42 / 680.7 = -0.011 \text{ m}$$

第一层截面 8—8 处

轴向力为上述荷载 N_7 与本层墙体自重之和

$$N_8^{(1)} = 680.1 + 1.2 \times 107.68 = 809.3 \text{ kN} \quad N_8^{(2)} = 680.7 + 1.35 \times 107.68 = 826.1 \text{ kN}$$