

中华人民共和国一级注册结构工程师
姓名：唐际晴
注册号：4500514-S028
有效期至：2026年06月

盈建科软件计算书

项目编号：No.1
计算人：______设计师
审核人：______设计师

项目名称：______项目
专业负责人：______总工
日期：2025-7

盈建科软件

目录

第 1 章 设计条件.....	2
1.1 原始信息.....	2
第 2 章 验算结果.....	2
2.1 柱底混凝土承压计算.....	2
2.2 锚栓抗拉承载力校核.....	3
2.3 柱底板厚度校核.....	3
2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核.....	3
2.4.1 翼缘加劲肋强度验算.....	3
2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算.....	4
2.4.3 腹板加劲肋强度验算.....	4
2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算.....	4
2.5 柱脚抗剪键校核.....	4
第 3 章 参考文献.....	5



第 1 章 设计条件

1.1 原始信息

节点 ID: 9608 节点编号: 1/10 节点类型: 柱脚—□—刚接 节点形式: 外露式

柱截面尺寸: □250x250x8x8; 材料: Q355; 弹性模量 E: 206000.00 N/mm²

屈服强度: $f_y = 355.0$ N/mm²; 极限抗拉强度: $f_u = 470.0$ N/mm²

柱脚混凝土强度等级: C30 ; 弹性模量 E_c : 29791.46 N/mm²

抗压强度标准值: $f_{ck} = 20.1$ N/mm²; 抗压强度设计值: $f_c = 14.3$ N/mm²

柱脚底板钢号: Q355

锚栓钢号: Q235 ; 锚栓直径 $d = 24$ mm

第 2 章 验算结果

2.1 柱底混凝土承压计算

此项最不利节点 ID: 9617 位置: [21952, 41335, -1200] 控制组合号 17(1.50*+X 风 +1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -461.92$ kN, $M_x = -43.86$ kN·m, $M_y = -57.04$ kN·m

$V_x = -33.69$ kN·m, $V_y = 33.41$ kN·m (未折减)

钢材的弹性模量和混凝土的弹性模量的比值为:

$$n = \frac{E}{E_c} = \frac{206000.00}{29791.46} = 6.91$$

X 向偏心距为:

$$e_x = \frac{M_y}{|N|} = \frac{57044138.84}{461918.19} = 123.49 > \frac{L}{6} + \frac{l_t}{3} = \frac{490}{6} + \frac{50}{3} = 98.33$$

底板受压区长度一元三次方程:

$$x_n^3 + 3\left(e_x - \frac{L}{2}\right)x_n^2 - \frac{6nA_e^a}{B}\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)(L - l_t - x_n) = 0$$

简化为 $A_1x_n^3 + B_1x_n^2 + C_1x_n + D_1 = 0$ 的公式的各系数如下:

$$A_1 = 1;$$

$$B_1 = 3\left(e_x - \frac{L}{2}\right) = 3 \times \left(123.49 - \frac{490}{2}\right) = -364.52;$$

X 向受拉侧锚栓的总有效面积为:

$$A_e^a = A_0 \times \text{Num}_w = 352.50 \times 3 = 1057.50$$

$$C_1 = \frac{6nA_e^a}{B}\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)$$

$$= \frac{6 \times 6.91 \times 1057.50}{490} \times \left(123.49 + \frac{490}{2} - 50\right) = 28517.55;$$

$$D_1 = -C_1 \times (L - l_t) = -28517.55 \times (490 - 50) = -12547723.42$$

解方程式得 X 向底板受压区长度: $x_n = 377.12$;

X 向混凝土最大压应力为:

$$\sigma_{cx} = \frac{2N\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)}{Bx_n\left(L - l_t - \frac{x_n}{3}\right)} = \frac{2 \times 461918.19 \times \left(123.49 + \frac{490}{2} - 50\right)}{490 \times 377.12 \times \left(490 - 50 - \frac{377.12}{3}\right)}$$

$$= 5.07 \text{ N/mm}^2$$

Y 向偏心距为:

$$\frac{B}{6} = \frac{490}{6} = 81.67 < e_y = \frac{M_x}{|N|} = \frac{-43864932.24}{461918.19} = 94.96 \leq \frac{B}{6} + \frac{l_t}{3} = \frac{490}{6} + \frac{50}{3} = 98.33$$



Y 向混凝土压应力为:

$$\sigma_{cy} = \frac{2N}{3L(B/2-e_y)} = \frac{2 \times 461918.19}{3 \times 490 \times (490/2 - 94.96)} = 4.19 \text{ N/mm}^2$$

混凝土最大压应力为:

$$\sigma_c = \sigma_{cx} + \sigma_{cy} - \frac{N}{LB} = 5.07 + 4.19 - \frac{461918.19}{490 \times 490} = 7.33 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_c \leq f_c = 14.33 \text{ N/mm}^2$, 柱底混凝土承压验算**满足**要求!

2.2 锚栓抗拉承载力校核

此项最不利节点 ID: 9637 位置:[30332, 8074, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合)[$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -483.81 \text{ kN}$, $M_x = -0.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 7.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 4.11 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = 1.33 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

X 向偏心距为:

Y 向偏心距为:

因偏心距过小, 故锚栓不承受拉力, 按构造设置

2.3 柱底板厚度校核

此项最不利节点 ID: 9640 位置:[18666, 30646, 0] 控制组合号 18(1.50*-X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合)[$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -517.40 \text{ kN}$, $M_x = 20.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 43.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 18.32 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -8.01 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

验算方法: 混凝土承压最大压应力

区格 1, 箱形截面柱范围内四边支承板, $a = 234$; $b = 234$; $\beta = 0.05$;

$$M_1 = \beta \sigma_c a^2 = 0.05 \times 5.39 \times 234^2 = 14167.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 2, 柱翼缘侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_2 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 5.39 \times 214^2 = 13519.47 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 3, 柱腹板侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 5.39 \times 214^2 = 13519.47 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 4, 柱底板角部两边支承板, $a = 141.42$; $b = 70.71$; $\alpha = 0.06$;

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.06 \times 5.39 \times 141.42^2 = 6468.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

取底板弯矩最大值:

$$M = \max\{M_1, M_2, M_3, M_4\} = \max\{14167.44, 13519.47, 13519.47, 6468.44\} = 14167.44 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

强度计算最小底板厚度:

$$t_{pb} = \sqrt{\frac{6M}{f}} = \sqrt{\frac{6 \times 14167.44}{295.00}} = 17 \text{ mm}$$

柱底板构造最小厚度:

$$t_{\min} = 20 \text{ mm}$$

柱脚底板厚度 $T = \max\{t_{pb}, t_{\min}\} = 20 \text{ mm}$ (考虑规格化后的厚度)

底板厚度验算**满足**要求!

2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核

此项最不利节点 ID: 9638 位置:[26136, 6189, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合)[$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

此项验算为等强验算, 无内力组合信息

2.4.1 翼缘加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V_1 = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 3.06 = 70992.45 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rf} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{70992.45}{250 \times 18} = 15.78 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

翼缘加劲肋强度验算**满足**要求!



2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算

翼缘加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{70992.45}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 29.81 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求!

2.4.3 腹板加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 3.06 = 70992.45 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rw} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{70992.45}{250 \times 18} = 15.78 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

腹板加劲肋强度验算**满足**要求!

2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算

腹板加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{70992.45}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 29.81 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求!

2.5 柱脚抗剪键校核

此项最不利节点 ID: 9630 位置: [36991, 16558, 0] 控制组合号 22(1.50*-X 风+1.00*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -17.55 \text{ kN}$, $M_x = 17.30 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 25.19 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 8.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -7.43 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

在满足轴力为拉力或轴力为压力且 $0.4N < V$ 的工况下, X 方向和 Y 方向分别取得的最大剪力设计值:

$$V_x = 8.82 \text{ kN}; V_y = 10.27 \text{ kN}$$

柱脚抗剪承载力 $V_{fb} = 0.4N = 0.4 \times 17.55 = 7.02 \text{ kN} < V$ (剪力设计值), 需要设置抗剪键

抗剪键: 热轧普通工字钢 I10, 埋深 $H_s = 140 \text{ mm}$,

与底板采用双面角焊缝连接, 焊脚高度为 $h_f = 6 \text{ mm}$

抗剪键截面高度 $h = 100 \text{ mm}$; 宽度 $b = 68 \text{ mm}$

X 向构件抗剪屈服承载力:

$$V_{cx} = 0.77 f_c h H_s = 0.77 \times 14.3 \times 100 \times 140 \times 10^{-3} = 154.49 \text{ kN}$$

因 $V_{cx} \geq V_x$, 故 X 向构件抗剪屈服承载力验算**满足**要求!

Y 向构件抗剪屈服承载力:

$$V_{cy} = 0.77 f_c b H_s = 0.77 \times 14.3 \times 68 \times 140 \times 10^{-3} = 105.06 \text{ kN}$$

因 $V_{cy} \geq V_y$, 故 Y 向构件抗剪屈服承载力验算**满足**要求!

X 向焊缝抗剪强度设计值:

$$\sigma_x = \frac{V_x}{2 \times 0.7 h_f b \times 2} = \frac{8820.68}{2 \times 0.7 \times 6 \times 68 \times 2} = 7.72 \text{ N/mm}^2$$

因 $\sigma_x \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$, 故 X 向焊缝抗剪强度验算**满足**要求!

Y 向焊缝抗剪强度设计值:

$$\sigma_y = \frac{V_y}{2 \times 0.7 h_f h} = \frac{10266.81}{2 \times 0.7 \times 6 \times 100} = 12.22 \text{ N/mm}^2$$

因 $\sigma_y \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$, 故 Y 向焊缝抗剪强度验算**满足**要求!

第3章 参考文献

- [1] GB 50017-2017, 钢结构设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [2] JGJ 99-2015, 高层民用建筑钢结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] GB 50011-2010, 建筑抗震设计规范(2016年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] 李星荣 秦斌. 钢结构连接节点设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [5] 但泽义 柴昶 李国强 童根树. 钢结构设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 肖南 李莎 赵文争. 钢结构柱脚抗剪键抗剪承载力计算[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(7):86-93.

中华人民共和国一级注册结构工程师
姓名：唐际晴
注册号：4500514-S028
有效期至：2026年06月

盈建科软件计算书

项目编号：No.1
计算人：______设计师
审核人：______设计师

项目名称：______项目
专业负责人：______总工
日期：2025-7

盈建科软件

目录

第1章 设计条件.....	2
1.1 原始信息.....	2
第2章 验算结果.....	2
2.1 柱底混凝土承压计算.....	2
2.2 锚栓抗拉承载力校核.....	2
2.3 柱底板厚度校核.....	2
2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核.....	3
2.4.1 翼缘加劲肋强度验算.....	3
2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算.....	3
2.4.3 腹板加劲肋强度验算.....	3
2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算.....	3
2.5 柱脚抗剪键校核.....	4
第3章 参考文献.....	4



第 1 章 设计条件

$$\sigma_{cx} = \frac{N}{LB} \left(1 + \frac{6e_x}{L}\right) = \frac{1045228.49}{490 \times 490} \times \left(1 + \frac{6 \times 54.58}{490}\right) = 7.26 \text{ N/mm}^2$$

1.1 原始信息

节点 ID: 9623 节点编号: 2/10 节点类型: 柱脚—□—刚接 节点形式: 外露式

柱截面尺寸: □250x250x10x10; 材料: Q355; 弹性模量 E: 206000.00 N/mm²

屈服强度: $f_y = 355.0 \text{ N/mm}^2$; 极限抗拉强度: $f_u = 470.0 \text{ N/mm}^2$

柱脚混凝土强度等级: C30 ; 弹性模量 E_c : 29791.46 N/mm²

抗压强度标准值: $f_{ck} = 20.1 \text{ N/mm}^2$; 抗压强度设计值: $f_c = 14.3 \text{ N/mm}^2$

柱脚底板钢号: Q355

锚栓钢号: Q235 ; 锚栓直径 $d = 24 \text{ mm}$

Y 向偏心距为:

$$e_y = \frac{M_x}{|N|} = \frac{-21226054.15}{1045228.49} = 20.31 \leq \frac{B}{6} = \frac{490}{6} = 81.67$$

Y 向混凝土压应力为:

$$\sigma_{cy} = \frac{N}{LB} \left(1 + \frac{6e_y}{B}\right) = \frac{1045228.49}{490 \times 490} \times \left(1 + \frac{6 \times 20.31}{490}\right) = 5.44 \text{ N/mm}^2$$

混凝土最大压应力为:

$$\sigma_c = \sigma_{cx} + \sigma_{cy} - \frac{N}{LB} = 7.26 + 5.44 - \frac{1045228.49}{490 \times 490} = 8.35 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_c \leq f_c = 14.33 \text{ N/mm}^2$, 柱底混凝土承压验算**满足**要求!

第 2 章 验算结果

2.1 柱底混凝土承压计算

此项最不利节点 ID: 9629 位置: [32935, 18014, 0] 控制组合号 17(1.50*X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -1045.23 \text{ kN}$, $M_x = -21.23 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -57.05 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = -30.82 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = 9.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

钢材的弹性模量和混凝土的弹性模量的比值为:

$$n = \frac{E}{E_c} = \frac{206000.00}{29791.46} = 6.91$$

X 向偏心距为:

$$e_x = \frac{M_y}{|N|} = \frac{57052443.89}{1045228.49} = 54.58 \leq \frac{L}{6} = \frac{490}{6} = 81.67$$

X 向混凝土压应力为:

2.2 锚栓抗拉承载力校核

此项最不利节点 ID: 9629 位置: [32935, 18014, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -931.30 \text{ kN}$, $M_x = 3.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -16.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = -11.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -1.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

X 向偏心距为:

Y 向偏心距为:

因偏心距过小, 故锚栓不承受拉力, 按构造设置

2.3 柱底板厚度校核

此项最不利节点 ID: 9623 位置: [26298, 26028, 0] 控制组合号 17(1.50*X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -431.31 \text{ kN}$, $M_x = -52.10 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -44.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$V_x = -20.98 \text{ kN} \cdot \text{m}, V_y = 30.37 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ (未折减)}$$

验算方法：混凝土承压最大压应力

区格 1，箱形截面柱范围内四边支承板， $a = 230$ ； $b = 230$ ； $\beta = 0.05$ ；

$$M_1 = \beta \sigma_c a^2 = 0.05 \times 6.97 \times 230^2 = 17693.33 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 2，柱翼缘侧三边支承板， $a = 214$ ； $b = 100$ ； $\alpha = 0.05$ ；

$$M_2 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 6.97 \times 214^2 = 17476.48 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 3，柱腹板侧三边支承板， $a = 214$ ； $b = 100$ ； $\alpha = 0.05$ ；

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 6.97 \times 214^2 = 17476.48 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 4，柱底板角部两边支承板， $a = 141.42$ ； $b = 70.71$ ； $\alpha = 0.06$ ；

$$M_4 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.06 \times 6.97 \times 141.42^2 = 8361.69 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

取底板弯矩最大值：

$$M = \max\{M_1, M_2, M_3, M_4\} = \max\{17693.33, 17476.48, 17476.48, 8361.69\} = 17693.33 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

强度计算最小底板厚度：

$$t_{pb} = \sqrt{\frac{6M}{f}} = \sqrt{\frac{6 \times 17693.33}{295.00}} = 19 \text{ mm}$$

柱底板构造最小厚度：

$$t_{min} = 20 \text{ mm}$$

柱脚底板厚度 $T = \max\{t_{pb}, t_{min}\} = 22 \text{ mm}$ (考虑规格化后的厚度)

底板厚度验算**满足**要求！

2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核

此项最不利节点 ID: 9623 位置: [26298, 26028, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

此项验算为等强验算，无内力组合信息

2.4.1 翼缘加劲肋强度验算

尺寸： $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为： $V_1 = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 6.97 = 161659.26 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rf} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{161659.26}{250 \times 18} = 35.92 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

翼缘加劲肋强度验算**满足**要求！

2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算

翼缘加劲肋与柱的焊缝：角焊缝。

焊脚尺寸：7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{161659.26}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 67.88 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求！

2.4.3 腹板加劲肋强度验算

尺寸： $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为： $V = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 6.97 = 161659.26 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rw} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{161659.26}{250 \times 18} = 35.92 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

腹板加劲肋强度验算**满足**要求！

2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算

腹板加劲肋与柱的焊缝：角焊缝。

焊脚尺寸：7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{161659.26}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 67.88 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算满足要求!

2.5 柱脚抗剪键校核

此项最不利节点 ID: 9629 位置:[32935, 18014, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -931.30 \text{ kN}$, $M_x = 3.98 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -16.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = -11.53 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -1.84 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

柱脚抗剪承载力 $V_{fb} = 0.4 \times N \geq V$ (剪力设计值), 不需要设置抗剪键

第 3 章 参考文献

- [1] GB 50017-2017, 钢结构设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [2] JGJ 99-2015, 高层民用建筑钢结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] GB 50011-2010, 建筑抗震设计规范(2016年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] 李星荣 秦斌. 钢结构连接节点设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [5] 但泽义 柴昶 李国强 童根树. 钢结构设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 肖南 李莎 赵文争. 钢结构柱脚抗剪键抗剪承载力计算[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(7):86-93.

中华人民共和国一级注册结构工程师
姓名：唐际晴
注册号：4500514-S028
有效期至：2026年06月

盈建科软件计算书

项目编号：No.1
计算人：______设计师
审核人：______设计师

项目名称：______项目
专业负责人：______总工
日期：2025-7

盈建科软件

目录

第 1 章 设计条件.....	2
1.1 原始信息.....	2
第 2 章 验算结果.....	2
2.1 柱底混凝土承压计算.....	2
2.2 锚栓抗拉承载力校核.....	2
2.3 柱底板厚度校核.....	2
2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核.....	3
2.4.1 翼缘加劲肋强度验算.....	3
2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算.....	3
2.4.3 腹板加劲肋强度验算.....	3
2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算.....	3
2.5 柱脚抗剪键校核.....	4
第 3 章 参考文献.....	4



第 1 章 设计条件

$$\sigma_{cx} = \frac{N}{LB} \left(1 + \frac{6e_x}{L}\right) = \frac{907223.97}{490 \times 490} \times \left(1 + \frac{6 \times 69.91}{490}\right) = 7.01 \text{ N/mm}^2$$

1.1 原始信息

节点 ID: 9628 节点编号: 3/10 节点类型: 柱脚—□—刚接 节点形式: 外露式

柱截面尺寸: □250x250x12x12; 材料: Q355; 弹性模量 E: 206000.00 N/mm²

屈服强度: $f_y = 355.0 \text{ N/mm}^2$; 极限抗拉强度: $f_u = 470.0 \text{ N/mm}^2$

柱脚混凝土强度等级: C30 ; 弹性模量 E_c : 29791.46 N/mm²

抗压强度标准值: $f_{ck} = 20.1 \text{ N/mm}^2$; 抗压强度设计值: $f_c = 14.3 \text{ N/mm}^2$

柱脚底板钢号: Q355

锚栓钢号: Q235 ; 锚栓直径 $d = 24 \text{ mm}$

Y 向偏心距为:

$$e_y = \frac{M_x}{|N|} = \frac{53091948.98}{907223.97} = 58.52 \leq \frac{B}{6} = \frac{490}{6} = 81.67$$

Y 向混凝土压应力为:

$$\sigma_{cy} = \frac{N}{LB} \left(1 + \frac{6e_y}{B}\right) = \frac{907223.97}{490 \times 490} \times \left(1 + \frac{6 \times 58.52}{490}\right) = 6.49 \text{ N/mm}^2$$

混凝土最大压应力为:

$$\sigma_c = \sigma_{cx} + \sigma_{cy} - \frac{N}{LB} = 7.01 + 6.49 - \frac{907223.97}{490 \times 490} = 9.72 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_c \leq f_c = 14.33 \text{ N/mm}^2$, 柱底混凝土承压验算**满足**要求!

第 2 章 验算结果

2.1 柱底混凝土承压计算

此项最不利节点 ID: 9628 位置: [25389, 20091, 0] 控制组合号 18(1.50*-X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -907.22 \text{ kN}$, $M_x = 53.09 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 63.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 32.38 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -27.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

钢材的弹性模量和混凝土的弹性模量的比值为:

$$n = \frac{E}{E_c} = \frac{206000.00}{29791.46} = 6.91$$

X 向偏心距为:

$$e_x = \frac{M_y}{|N|} = \frac{63422706.56}{907223.97} = 69.91 \leq \frac{L}{6} = \frac{490}{6} = 81.67$$

X 向混凝土压应力为:

2.2 锚栓抗拉承载力校核

此项最不利节点 ID: 9634 位置: [28979, 11084, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -920.34 \text{ kN}$, $M_x = 6.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 20.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 12.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -3.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

X 向偏心距为:

Y 向偏心距为:

因偏心距过小, 故锚栓不承受拉力, 按构造设置

2.3 柱底板厚度校核

此项最不利节点 ID: 9632 位置: [34855, 13740, 0] 控制组合号 17(1.50*+X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -906.04 \text{ kN}$, $M_x = -26.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -59.54 \text{ kN} \cdot \text{m}$



$$V_x = -33.06 \text{ kN} \cdot \text{m}, V_y = 12.42 \text{ kN} \cdot \text{m} \text{ (未折减)}$$

验算方法: 混凝土承压最大压应力

区格 1, 箱形截面柱范围内四边支承板, $a = 226$; $b = 226$; $\beta = 0.05$;

$$M_1 = \beta \sigma_c a^2 = 0.05 \times 8.15 \times 226^2 = 19992.52 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 2, 柱翼缘侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_2 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 8.15 \times 214^2 = 20452.70 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 3, 柱腹板侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 8.15 \times 214^2 = 20452.70 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 4, 柱底板角部两边支承板, $a = 141.42$; $b = 70.71$; $\alpha = 0.06$;

$$M_4 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.06 \times 8.15 \times 141.42^2 = 9785.67 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

取底板弯矩最大值:

$$M = \max\{M_1, M_2, M_3, M_4\} = \max\{19992.52, 20452.70, 20452.70, 9785.67\} = 20452.70 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

强度计算最小底板厚度:

$$t_{pb} = \sqrt{\frac{6M}{f}} = \sqrt{\frac{6 \times 20452.70}{295.00}} = 21 \text{ mm}$$

柱底板构造最小厚度:

$$t_{min} = 20 \text{ mm}$$

柱脚底板厚度 $T = \max\{t_{pb}, t_{min}\} = 25 \text{ mm}$ (考虑规格化后的厚度)

底板厚度验算**满足**要求!

2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核

此项最不利节点 ID: 9632 位置: [34855, 13740, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

此项验算为等强验算, 无内力组合信息

2.4.1 翼缘加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V_1 = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 8.15 = 189189.64 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rf} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{189189.64}{250 \times 18} = 42.04 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

翼缘加劲肋强度验算**满足**要求!

2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算

翼缘加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{189189.64}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 79.44 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求!

2.4.3 腹板加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 8.15 = 189189.64 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rw} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{189189.64}{250 \times 18} = 42.04 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

腹板加劲肋强度验算**满足**要求!

2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算

腹板加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{189189.64}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 79.44 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算满足要求!

2.5 柱脚抗剪键校核

此项最不利节点 ID: 9634 位置:[28979, 11084, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -920.34 \text{ kN}$, $M_x = 6.86 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 20.20 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 12.51 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -3.96 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

柱脚抗剪承载力 $V_{fb} = 0.4 \times N \geq V$ (剪力设计值), 不需要设置抗剪键

第 3 章 参考文献

- [1] GB 50017-2017, 钢结构设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.
- [2] JGJ 99-2015, 高层民用建筑钢结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] GB 50011-2010, 建筑抗震设计规范(2016年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] 李星荣 秦斌. 钢结构连接节点设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [5] 但泽义 柴昶 李国强 童根树. 钢结构设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 肖南 李莎 赵文争. 钢结构柱脚抗剪键抗剪承载力计算[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(7):86-93.

中华人民共和国一级注册结构工程师
姓名：唐际晴
注册号：4500514-S028
有效期至：2026年06月

盈建科软件计算书

项目编号：No.1
计算人：______设计师
审核人：______设计师

项目名称：______项目
专业负责人：______总工
日期：2025-7

盈建科软件

目录

第1章 设计条件.....	2
1.1 原始信息.....	2
第2章 验算结果.....	2
2.1 柱底混凝土承压计算.....	2
2.2 锚栓抗拉承载力校核.....	3
2.3 柱底板厚度校核.....	3
2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核.....	4
2.4.1 翼缘加劲肋强度验算.....	4
2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算.....	4
2.4.3 腹板加劲肋强度验算.....	4
2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算.....	4
2.5 柱脚抗剪键校核.....	4
第3章 参考文献.....	4



第 1 章 设计条件

1.1 原始信息

节点 ID: 9635 节点编号: 4/10 节点类型: 柱脚—□—刚接 节点形式: 外露式

柱截面尺寸: □250x250x8x8; 材料: Q355; 弹性模量 E: 206000.00 N/mm²

屈服强度: $f_y = 355.0$ N/mm²; 极限抗拉强度: $f_u = 470.0$ N/mm²

柱脚混凝土强度等级: C30 ; 弹性模量 E_c : 29791.46 N/mm²

抗压强度标准值: $f_{ck} = 20.1$ N/mm²; 抗压强度设计值: $f_c = 14.3$ N/mm²

柱脚底板钢号: Q355

锚栓钢号: Q235 ; 锚栓直径 $d = 24$ mm

第 2 章 验算结果

2.1 柱底混凝土承压计算

此项最不利节点 ID: 9635 位置: [35913, 10581, 0] 控制组合号 17(1.50*X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma_{RE}=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -450.12$ kN, $M_x = -19.37$ kN·m, $M_y = -76.04$ kN·m

$V_x = -71.90$ kN·m, $V_y = 15.29$ kN·m (未折减)

钢材的弹性模量和混凝土的弹性模量的比值为:

$$n = \frac{E}{E_c} = \frac{206000.00}{29791.46} = 6.91$$

X 向偏心距为:

$$e_x = \frac{M_y}{|N|} = \frac{76043802.59}{450117.59} = 168.94 > \frac{L}{6} + \frac{l_t}{3} = \frac{490}{6} + \frac{50}{3} = 98.33$$

底板受压区长度一元三次方程:

$$x_n^3 + 3\left(e_x - \frac{L}{2}\right)x_n^2 - \frac{6nA_e^a}{B}\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)(L - l_t - x_n) = 0$$

简化为 $A_1x_n^3 + B_1x_n^2 + C_1x_n + D_1 = 0$ 的公式的各系数如下:

$$A_1 = 1;$$

$$B_1 = 3\left(e_x - \frac{L}{2}\right) = 3 \times \left(168.94 - \frac{490}{2}\right) = -228.17;$$

X 向受拉侧锚栓的总有效面积为:

$$A_e^a = A_0 \times \text{Num}_w = 352.50 \times 3 = 1057.50$$

$$C_1 = \frac{6nA_e^a}{B}\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)$$

$$= \frac{6 \times 6.91 \times 1057.50}{490} \times \left(168.94 + \frac{490}{2} - 50\right) = 32586.91;$$

$$D_1 = -C_1 \times (L - l_t) = -32586.91 \times (490 - 50) = -14338242.30$$

解方程式得 X 向底板受压区长度: $x_n = 287.93$;

X 向混凝土最大压应力为:

$$\sigma_{cx} = \frac{2N\left(e_x + \frac{L}{2} - l_t\right)}{Bx_n\left(L - l_t - \frac{x_n}{3}\right)} = \frac{2 \times 450117.59 \times \left(168.94 + \frac{490}{2} - 50\right)}{490 \times 287.93 \times \left(490 - 50 - \frac{287.93}{3}\right)}$$

$$= 6.75 \text{ N/mm}^2$$

Y 向偏心距为:

$$e_y = \frac{M_x}{|N|} = \frac{-19369214.30}{450117.59} = 43.03 \leq \frac{B}{6} = \frac{490}{6} = 81.67$$

Y 向混凝土压应力为:



$$\sigma_{cy} = \frac{N}{LB} \left(1 + \frac{6e_y}{B}\right) = \frac{450117.59}{490 \times 490} \times \left(1 + \frac{6 \times 43.03}{490}\right) = 2.86 \text{ N/mm}^2$$

混凝土最大压应力为:

$$\sigma_c = \sigma_{cx} + \sigma_{cy} - \frac{N}{LB} = 6.75 + 2.86 - \frac{450117.59}{490 \times 490} = 7.74 \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_c \leq f_c = 14.33 \text{ N/mm}^2$, 柱底混凝土承压验算**满足**要求!

2.2 锚栓抗拉承载力校核

此项最不利节点 ID: 9635 位置: [35913, 10581, 0] 控制组合号 22(1.50*-X 风+1.00*恒载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -138.89 \text{ kN}$, $M_x = 16.42 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = 52.45 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = 37.78 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = -8.91 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

X 向偏心距为:

$$e_x = \left| \frac{M_y}{N} \right| = \frac{52449127.20}{138894.29} = 377.62 > \frac{L}{6} + \frac{l_t}{3} = \frac{490}{6} + \frac{50}{3} = 98.33$$

该组合下的 X 向底板受压区长度:

$x_n = 160.29$ (公式同柱底混凝土承压计算, 此处不详细列述)

X 方向锚栓总拉力:

$$T_{ax} = \frac{N \left(e_x - \frac{L}{2} + \frac{x_n}{3} \right)}{L - l_t - \frac{x_n}{3}} = \frac{138.89 \times \left(377.62 - \frac{490}{2} + \frac{0.16}{3} \right)}{490 - 50 - \frac{0.16}{3}} = 66.85 \text{ kN}$$

Y 向偏心距为:

$$e_y = \left| \frac{M_x}{N} \right| = \frac{16419895.05}{138894.29} = 118.22 > \frac{B}{6} + \frac{l_t}{3} = \frac{490}{6} + \frac{50}{3} = 98.33$$

该组合下的 Y 向底板受压区长度:

$x_n = 389.65$ (公式同柱底混凝土承压计算, 此处不详细列述)

Y 方向锚栓总拉力:

$$T_{ay} = \frac{N \left(e_y - \frac{B}{2} + \frac{x_n}{3} \right)}{B - l_t - \frac{x_n}{3}} = \frac{138.89 \times \left(118.22 - \frac{490}{2} + \frac{0.39}{3} \right)}{490 - 50 - \frac{0.39}{3}} = 1.39 \text{ kN}$$

单个锚栓所受最大拉力为:

$$N_{ta} = \frac{T_{ax}}{\text{Num}_w} + \frac{T_{ay}}{\text{Num}_f} = \frac{66.85}{3} + \frac{1.39}{3} = 22.75 \text{ kN}$$

单个锚栓抗拉承载力设计值为:

$$N_{tb} = \frac{\pi d_e^2}{4} f_t^a = \frac{3.14 \times 21.19^2}{4} \times 140 = 49.35 \text{ kN}$$

$N_{ta} \leq N_{tb}$, 锚栓抗拉承载力验算**满足**要求!

2.3 柱底板厚度校核

此项最不利节点 ID: 9635 位置: [35913, 10581, 0] 控制组合号 17(1.50**X 风+1.30*恒载+1.05*活载) 组合类型(非地震组合) [$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -450.12 \text{ kN}$, $M_x = -19.37 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -76.04 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = -71.90 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = 15.29 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

验算方法: 混凝土承压最大压应力

区格 1, 箱形截面柱范围内四边支承板, $a = 234$; $b = 234$; $\beta = 0.05$;

$$M_1 = \beta \sigma_c a^2 = 0.05 \times 7.74 \times 234^2 = 20337.68 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 2, 柱翼缘侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_2 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 7.74 \times 214^2 = 19407.51 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 3, 柱腹板侧三边支承板, $a = 214$; $b = 100$; $\alpha = 0.05$;

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.05 \times 7.74 \times 214^2 = 19407.51 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

区格 4, 柱底板角部两边支承板, $a = 141.42$; $b = 70.71$; $\alpha = 0.06$;

$$M_3 = \alpha \sigma_c a^2 = 0.06 \times 7.74 \times 141.42^2 = 9285.59 \text{ N} \cdot \text{mm}$$



取底板弯矩最大值:

$$M = \max\{M_1, M_2, M_3, M_4\} = \max\{20337.68, 19407.51, 19407.51, 9285.59\} = 20337.68 \text{ N} \cdot \text{mm}$$

强度计算最小底板厚度:

$$t_{pb} = \sqrt{\frac{6M}{f}} = \sqrt{\frac{6 \times 20337.68}{295.00}} = 21 \text{ mm}$$

柱底板构造最小厚度:

$$t_{min} = 20 \text{ mm}$$

柱脚底板厚度 $T = \max\{t_{pb}, t_{min}\} = 22 \text{ mm}$ (考虑规格化后的厚度)

底板厚度验算**满足**要求!

2.4 柱脚加劲肋强度和连接焊缝校核

此项最不利节点 ID: 9635 位置:[35913, 10581, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合)[$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

此项验算为等强验算, 无内力组合信息

2.4.1 翼缘加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V_1 = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 7.74 = 179521.46 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rf} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{179521.46}{250 \times 18} = 39.89 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

翼缘加劲肋强度验算**满足**要求!

2.4.2 翼缘加劲肋连接焊缝验算

翼缘加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{179521.46}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 75.38 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求!

2.4.3 腹板加劲肋强度验算

尺寸: $B \times H \times T = 100 \times 250 \times 18$

验算剪力为: $V = a_{Ri} l_{Ri} \sigma_c = 232 \times 100 \times 7.74 = 179521.46 \text{ N}$

$$\text{剪应力计算值: } \tau_{Rw} = \frac{V}{h_{Ri} t_{Ri}} = \frac{179521.46}{250 \times 18} = 39.89 \text{ N/mm}^2 \leq f_v = 170 \text{ N/mm}^2$$

腹板加劲肋强度验算**满足**要求!

2.4.4 腹板加劲肋连接焊缝验算

腹板加劲肋与柱的焊缝: 角焊缝。

焊脚尺寸: 7

$$\text{计算焊缝应力: } \tau_f = \frac{V}{2 \times 0.7 h_f l_w} = \frac{179521.46}{2 \times 0.7 \times 7 \times 243} = 75.38 \text{ N/mm}^2 \leq f_f^w = 200 \text{ N/mm}^2$$

焊缝验算**满足**要求!

2.5 柱脚抗剪键校核

此项最不利节点 ID: 9635 位置:[35913, 10581, 0] 控制组合号 1(1.30*恒载) 组合类型(非地震组合)[$\gamma RE=0.75$] 组合类别(基本组合)

控制内力: $N = -304.62 \text{ kN}$, $M_x = -1.76 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $M_y = -11.56 \text{ kN} \cdot \text{m}$

$V_x = -16.73 \text{ kN} \cdot \text{m}$, $V_y = 3.46 \text{ kN} \cdot \text{m}$ (未折减)

柱脚抗剪承载力 $V_{fb} = 0.4 \times N \geq V$ (剪力设计值), 默认抗剪键满足设计要求

第3章 参考文献

[1] GB 50017-2017, 钢结构设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2017.

- [2] JGJ 99-2015, 高层民用建筑钢结构技术规程[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
- [3] GB 50011-2010, 建筑抗震设计规范(2016年版)[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2016.
- [4] 李星荣 秦斌. 钢结构连接节点设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2019.
- [5] 但泽义 柴昶 李国强 童根树. 钢结构设计手册[M]. 第四版, 北京: 中国建筑工业出版社, 2018.
- [6] 肖南 李莎 赵文争. 钢结构柱脚抗剪键抗剪承载力计算[J]. 建筑结构学报, 2010, 31(7):86-93.