

荷载组合分析



风荷载分析

工程所在地

苏州市

50年基本风压

$$w_0 := 0.45 \text{ kPa}$$

地面粗糙度类别

B类

B类

$$\beta = 1$$

$$\mu_{z,\min} = 1$$

B类

$$\alpha_1 = 0.3$$

计算高度

$$Z_i := 7 \text{ m}$$

风压高度变化系数

$$\mu_{z_1} := \beta \cdot \left(\frac{Z_i}{10 \cdot \text{m}} \right)^{\alpha_1}$$

参考《荷规》8.2.1
条文说明

$$\mu_z := \max(\mu_{z,\min}, \mu_{z_1}) = 1$$

地面粗糙度类别

B类

B类

$$\alpha = 0.15$$

$$\beta_{gz,\max} = 1.7$$

B类

$$I_{10} = 0.14$$

高度Z处阵风系数

$$\beta_{gz_1} := 1 + 2 \cdot 2.5 \cdot I_{10} \cdot \left(\frac{Z_i}{10 \text{ m}} \right)^{-\alpha}$$

参考《荷规》8.6.1
条文说明

$$\beta_{gz} := \min(\beta_{gz,\max}, \beta_{gz_1}) = 1.7$$

风荷载局部体型系数

$$\mu_s := 1.4 + 0.2$$

$$\mu_s = 1.6$$

风荷载标准值

$$w_k := \max(\beta_{gz} \cdot \mu_s \cdot \mu_z \cdot w_0, 1 \text{ kPa})$$

$$w_k = 1.224 \cdot \text{kPa}$$

地震作用分析

抗震设防烈度 七度 (0.1g)

水平地震影响系数(标准设防地震作用计算取值) $\alpha_{\max} := 0.08$

参考《抗规》
表5.4.1-1

动力放大系数 $\beta_e := 5.0$

铝板总厚度 $t_{lv} := 3\text{mm}$

铝板重度 $\rho_{lv} = 28 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

单位面积幕墙构件自重
(考虑10%附属构件重) $G_{kA} := 1.1 \cdot t_{lv} \cdot \rho_{lv}$

$$G_{kA} = 0.092 \cdot \text{kPa}$$

地震作用标准值 $q_{ek} := \alpha_{\max} \cdot \beta_e \cdot G_{kA}$

参考《玻璃幕墙规范》5.3.4

$$q_{ek} = 0.037 \cdot \text{kPa}$$

水平荷载组合

风荷载分项系数 $\gamma_w := 1.5$

地震作用分项系数 $\gamma_{ek} := 1.4$

风荷载组合系数 $\psi_w := 1.0$

地震作用组合系数 $\psi_{ek} := 0.5$

承载力极限状态组合线性荷载设计值 $ULS := \psi_w \cdot \gamma_w \cdot w_k + \psi_{ek} \cdot \gamma_{ek} \cdot q_{ek}$

$$ULS = 1.862 \cdot \text{kPa}$$

正常使用极限状态组合荷载标准值 $SLS := \psi_w \cdot w_k$

$$SLS = 1.224 \cdot \text{kPa}$$

基本参数

最大板块尺寸 $B_{\text{panel}} := 1115\text{mm}$ 宽

$H_{\text{panel}} := 1970\text{mm}$ 高

铝板厚度 $t := t_{lv} = 3 \cdot \text{mm}$

宽度分格数

$$n_{\text{col}} := 1$$

高度分格数

$$n_{\text{row}} := 3$$

铝板区格高分格

$$a_1 := \frac{H_{\text{panel}}}{n_{\text{row}}} = 0.657 \text{ m}$$

铝板区格宽分格

$$b_1 := \frac{B_{\text{panel}}}{n_{\text{col}}} = 1.115 \text{ m}$$

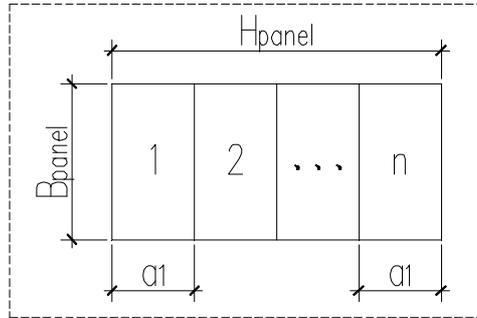
弹性模量

$$E_{\text{lv}} = 70 \cdot \text{GPa}$$

泊松比

$$\nu := 0.33$$

[加强肋计算结构见图以及板块编号图](#)



根据规范《采光顶与金属屋面技术规程》JGJ255-2012，附录C弹性板弯矩系数和挠度

系数，此铝板根据支撑条件分为两种计算模型：B区格和C区格

表 C.1.2 不同区格的边界条件和计算边长

区格类型	A	B	C
边界条件			
边长定义	l_x 为短边边长	l_y 为固定边边长	l_y 为固定边边长

B区格铝板

$$L_{xb} := a_1 = 0.657 \text{ m}$$

$$L_{yb} := b_1 = 1.115 \text{ m}$$

C区格铝板

$$L_{xc} := a_1 = 0.657 \text{ m}$$

$$L_{yc} := b_1 = 1.115 \text{ m}$$

B区格铝板强度校核

相关计算参数

$$\epsilon_b := \frac{\min(L_{xb}, L_{yb})}{\max(L_{xb}, L_{yb})}$$

$$\epsilon_b = 0.589$$

$m_b :=$

	0	1	2
0	0.5	0.08411	-0.1212
1	0.55	0.07996	-0.1187
2	0.6	0.07575	-0.1158
3	0.65	0.07151	-0.01124
4	0.7	0.06735	-0.01087
5	0.75	0.06317	-0.01048
6	0.8	0.05911	-0.01007
7	0.85	0.05524	-0.00965
8	0.9	0.05156	-0.00922
9	0.95	0.048	-0.0088
10	1	0.04466	-0.00839

JGJ255-2012--表
c.1.3-2

$$X_1 := m_b^{(0)}$$

$$Y_1 := m_b^{(1)}$$

$$Z_1 := m_b^{(2)}$$

弯矩系数

$$m_{gb} := \text{linterp}(X_1, Y_1, \max(0.5, \epsilon_b))$$

$$m_{gb} = 0.077$$

$$m_{xb} := \text{linterp}(X_1, Z_1, \max(0.5, \epsilon_b))$$

$$m_{xb} = -0.116$$

相关计算参数

$$\theta_b := \frac{\text{SLS} \cdot \min(L_{xb}, L_{yb})^4}{E_{IV} \cdot t^4}$$

$$\theta_b = 40.14$$

折减系数表

$\eta :=$

	0	1
0	5	1
1	10	0.95
2	20	0.9
3	40	0.82
4	60	0.71
5	80	0.68
6	100	0.62
7	120	0.57
8	150	0.5
9	200	0.44
10	250	0.4
11	300	0.38
12	350	0.36
13	400	0.35

JGJ255-2012--表6.1.5

$$X_2 := \eta^{(0)} \quad Y_2 := \eta^{(1)}$$

折减系数

$$\eta_b := \text{linterp}(X_2, Y_2, \min(400, \max(5, \theta_b)))$$

$$\eta_b = 0.819$$

铝板强度设计值

JGJ255-2012--6.1.5

$$\sigma_b := \max\left(\frac{6 \cdot m_{gb} \cdot \text{ULS} \cdot \min(L_{xb}, L_{yb})^2}{t^2} \cdot \eta_b, \frac{6 \cdot |m_{xb}| \cdot \text{ULS} \cdot \min(L_{xb}, L_{yb})^2}{t^2} \cdot \eta_b\right)$$

$$\sigma_b = 51.058 \cdot \text{MPa}$$

铝板强度承载力设计值

$$f_g := 100 \text{MPa}$$

校核

$$\text{HENCE}(\sigma_b \leq f_g) = \text{"满足规范要求"}$$

变形校核分析

板弯曲刚度

$$D := \frac{E_{IV} \cdot t^3}{12 \cdot (1 - \nu^2)}$$

$$D = 0.177 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

计算参数

$$\theta_b = 40.14$$

折减系数

$$\eta_b = 0.819$$

挠度系数表

$\mu :=$

	0	1
0	0.5	0.00504
1	0.55	0.00492
2	0.6	0.00472
3	0.65	0.00448
4	0.7	0.00422
5	0.75	0.00399
6	0.8	0.00376
7	0.85	0.00352
8	0.9	0.00329
9	0.95	0.00306
10	1	0.00285

JGJ255-2012--表
c.1.3-2

挠度系数

$$X_3 := \mu^{(0)} \quad Y_3 := \mu^{(1)}$$

$$\mu_b := \text{linterp}(X_3, Y_3, \max(0.5, \epsilon_b))$$

$$\mu_b = 4.764 \times 10^{-3}$$

挠度最大值

$$\delta_{\max.b} := \frac{\mu_b \cdot SLS \cdot \min(L_{xb}, L_{yb})^4}{D} \cdot \eta_b$$

$$\delta_{\max.b} = 5.026 \cdot \text{mm}$$

挠度许用值

$$\delta_{\text{allowable}.b} := \frac{\min(L_{xb}, L_{yb})}{60}$$

$$\delta_{\text{allowable}.b} = 10.944 \cdot \text{mm}$$

校核

$$\text{HENCE}(\delta_{\max.b} \leq \delta_{\text{allowable}.b}) = \text{"满足规范要求"}$$

C区格铝板强度校核

相关计算参数

$$\epsilon_c := \frac{\min(L_{xc}, L_{yc})}{\max(L_{xc}, L_{yc})}$$

$$\epsilon_c = 0.589$$

$m_c :=$

	0	1	2
0	0.5	0.0719	-0.0843
1	0.55	0.0687	-0.084
2	0.6	0.0656	-0.0834
3	0.65	0.062	-0.0826
4	0.7	0.0586	-0.0814
5	0.75	0.0558	-0.0799
6	0.8	0.0522	-0.0782
7	0.85	0.0409	-0.0763
8	0.9	0.0461	-0.0743
9	0.95	0.0433	-0.0721
10	1	0.0405	-0.0698

JGJ255-2012--表
c.1.3-3

$X_1 := m_c^{(0)}$

$Y_1 := m_c^{(1)}$

$Z_1 := m_c^{(2)}$

弯矩系数

$m_{gc} := \text{linterp}(X_1, Y_1, \max(0.5, \epsilon_c))$

$m_{gc} = 0.066$

$m_{xc} := \text{linterp}(X_1, Z_1, \max(0.5, \epsilon_c))$

$m_{xc} = -0.084$

相关计算参数

$\theta_c := \frac{SLS \cdot \min(L_{xc}, L_{yc})^4}{E_{lv} \cdot t^4}$

$\theta_c = 40.14$

折减系数表

$\eta :=$

	0	1
0	5	1
1	10	0.95
2	20	0.9
3	40	0.82
4	60	0.71
5	80	0.68
6	100	0.62
7	120	0.57
8	150	0.5
9	200	0.44
10	250	0.4
11	300	0.38
12	350	0.36
13	400	0.35

JGJ255-2012--表6.1.5

折减系数

$$X_2 := \eta^{(0)} \quad Y_2 := \eta^{(1)}$$

$$\eta_c := \text{linterp}(X_2, Y_2, \min(400, \max(5, \theta_c)))$$

$$\eta_c = 0.819$$

铝板强度设计值
JGJ255-2012--6.1.5

$$\sigma_c := \max\left(\frac{6 \cdot m_{gc} \cdot \text{ULS} \cdot \min(L_{xc}, L_{yc})^2}{t^2} \cdot \eta_c, \frac{6 \cdot |m_{xc}| \cdot \text{ULS} \cdot \min(L_{xc}, L_{yc})^2}{t^2} \cdot \eta_c\right)$$

$$\sigma_c = 36.628 \cdot \text{MPa}$$

铝板强度承载力设计值

$$f_g = 100 \cdot \text{MPa}$$

校核

$$\text{HENCE}(\sigma_c \leq f_g) = \text{"满足规范要求"}$$

变形校核分析

板弯曲刚度

$$D = 0.177 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

计算参数

$$\theta_c = 40.14$$

折减系数

$$\eta_c = 0.819$$

挠度系数表

$\mu_w :=$

	0	1
0	0.5	0.00504
1	0.55	0.00492
2	0.6	0.00472
3	0.65	0.00448
4	0.7	0.00422
5	0.75	0.00399
6	0.8	0.00376
7	0.85	0.00352
8	0.9	0.00329
9	0.95	0.00306
10	1	0.00285

JGJ255-2012--表
c.1.3-2

挠度系数

$$X_3 := \mu^{(0)} \quad Y_3 := \mu^{(1)}$$

$$\mu_c := \text{linterp}(X_3, Y_3, \max(0.5, \epsilon_c))$$

$$\mu_c = 4.764 \times 10^{-3}$$

挠度最大值

$$\delta_{\max.c} := \frac{\mu_c \cdot SLS \cdot \min(L_{xc}, L_{yc})^4}{D} \cdot \eta_c$$

$$\delta_{\max.c} = 5.026 \cdot \text{mm}$$

挠度许用值

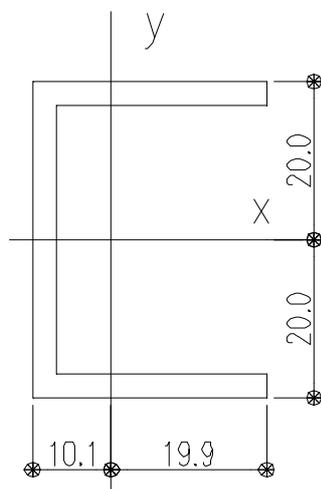
$$\delta_{\text{allowable.c}} := \frac{\min(L_{xc}, L_{yc})}{60}$$

$$\delta_{\text{allowable.c}} = 10.944 \cdot \text{mm}$$

校核

$$\text{HENCE}(\delta_{\max.c} \leq \delta_{\text{allowable.c}}) = \text{"满足规范要求"}$$

铝板加筋肋强度分析



截面几何参数表

A	282.0000	I _p	97008.1383
I _x	71566.0000	I _y	25442.1383
i _x	15.9305	i _y	9.4984
W _x (上)	3578.3000	W _y (左)	2514.7855
W _x (下)	3578.3000	W _y (右)	1279.5939
绕X轴面积矩	2098.5000	绕Y轴面积矩	1185.9985
形心离左边缘距离	10.1170	形心离右边缘距离	19.8830
形心离上边缘距离	20.0000	形心离下边缘距离	20.0000
主矩[1]	71566.000	主矩1方向	(1.000,0.000)
主矩[2]	25442.138	主矩2方向	(0.000,1.000)

铝板加筋肋弯矩图如下图所示:

最大弯矩

$$M_{\max} := \frac{U_{LS} \cdot a_1 \cdot B_{\text{panel}}^2}{8}$$

$$M_{\max} = 0.19 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

截面抵抗矩

$$W_x := 3578.3 \text{mm}^3$$

截面最大应力

$$\sigma_{\max} := \frac{M_{\max}}{W_x}$$

$$\sigma_{\max} = 53.098 \cdot \text{MPa}$$

加劲肋强度设计值

$$f_{ts.6063_T6} = 150 \cdot \text{MPa}$$

校核

$$\text{HENCE}(\sigma_{\max} \leq f_{ts.6063_T6}) = \text{"满足规范要求"}$$

加筋肋变形强度分析

弹性模量

$$E_{IV} = 70 \cdot \text{GPa}$$

惯性矩

$$I_x := 71566 \text{mm}^4$$

实际挠度变形值
梯形荷载产生的变形

$$\delta_{\max} := \frac{\text{SLS} \cdot a_1 \cdot B_{\text{panel}}^4}{240 E_{IV} \cdot I_x} \left[\frac{25}{8} - 5 \cdot \left(\frac{a_1}{2 B_{\text{panel}}} \right)^2 + 2 \cdot \left(\frac{a_1}{2 B_{\text{panel}}} \right)^4 \right]$$

$$\delta_{\max} = 2.796 \cdot \text{mm}$$

许用变形

$$\delta_{\text{allowable}} := \frac{B_{\text{panel}}}{300}$$

$$\delta_{\text{allowable}} = 3.717 \cdot \text{mm}$$

校核

$$\text{HENCE}(\delta_{\max} \leq \delta_{\text{allowable}}) = \text{"满足规范要求"}$$

角码抗剪强度校核

横向角码数量

$$B_{\text{num}} := 5$$

纵向角码数量

$$H_{\text{num}} := 9$$

角码长度

$$L_{\text{jm}} := 50 \text{mm}$$

角码型材壁厚

$$t_{\text{jm}} := 2 \text{mm}$$

每个角码承受的剪切力

$$P_{\text{jm}} := \frac{\text{ULS} \cdot H_{\text{panel}} \cdot B_{\text{panel}}}{2 \cdot (B_{\text{num}} + H_{\text{num}})}$$

$$P_{\text{jm}} = 146.061 \text{N}$$

角码抗剪设计应力

$$\tau := \frac{1.5 \cdot P_{\text{jm}}}{L_{\text{jm}} \cdot t_{\text{jm}}}$$

$$\tau = 2.191 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{\text{vs.6063_T6}} = 85 \cdot \text{MPa}$$

校核

$$\text{HENCE}(\tau \leq f_{\text{vs.6063_T6}}) = \text{"满足规范要求"}$$