

石材面板分析



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

$Z_i := 16.4\text{m}$

风压高度变化系数

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

参考《荷规》8.2.1
条文说明

$\mu_z := \max(\mu_{z,\min}, \mu_z) = 1.16$

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

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

参考《荷规》8.6.1
条文说明

$\beta_{gz} := \min(\beta_{gz,\max}, \beta_{gz}) = 1.65$

正风荷载局部体型系数

$\mu_{sp} := 1.2$

负风荷载局部体型系数

$\mu_{sn} := -1.6$

直接承受风荷载构件正风压标准值

$w_{kp} := \max(\beta_{gz} \cdot \mu_{sp} \cdot \mu_z \cdot w_0, 1.0\text{kPa})$

$w_{kp} = 1.034 \cdot \text{kPa}$

直接承受风荷载构件负风压标准值

$w_{kn} := \min(\beta_{gz} \cdot \mu_{sn} \cdot \mu_z \cdot w_0, -1.0\text{kPa})$

$w_{kn} = -1.378 \cdot \text{kPa}$

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

$\beta_e := 5.0$

石材总厚度

$t_{sc} := 30\text{mm}$

石材重度

$\rho_{sc} := 28 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$

单位面积幕墙构件自重
(考虑10%附属构件重)

$G_{kA} := 1.1 \cdot t_{sc} \cdot \rho_{sc}$

$G_{kA} = 0.924 \cdot \text{kPa}$

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

$q_{ek} = 0.37 \cdot \text{kPa}$

水平荷载组合

风荷载标准值

$w_k := \max(w_{kp}, |w_{kn}|)$

$w_k = 1.378 \cdot \text{kPa}$

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

$ULS := \psi_w \cdot \gamma_w \cdot w_k + \psi_{ek} \cdot \gamma_{ek} \cdot q_{ek}$

$ULS = 2.326 \cdot \text{kPa}$

正常使用极限状态组合荷载标准值

$SLS := \psi_w \cdot w_k$

$SLS = 1.378 \cdot \text{kPa}$

基本参数

玻璃面板宽度

$$a := 1500\text{mm}$$

玻璃面板高度

$$b := 517\text{mm}$$

$$a_1 := 200\text{mm}$$

$$b_1 := 150\text{mm}$$

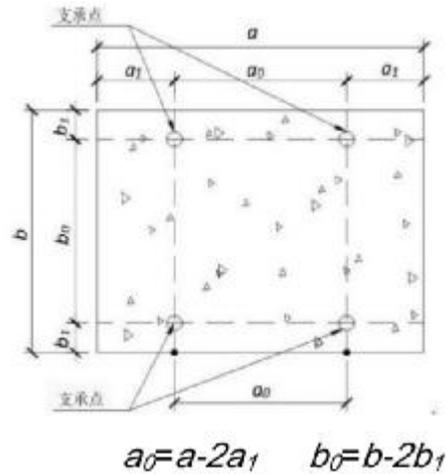
计算边长

$$a_0 := a - 2 \cdot a_1$$

$$a_0 = 1.1 \times 10^3 \cdot \text{mm}$$

$$b_0 := b - 2 \cdot b_1$$

$$b_0 = 217 \cdot \text{mm}$$



石材厚度

$$t_{sc} = 30 \cdot \text{mm}$$

石材弹性模量

$$E_{sc} = 80 \cdot \text{GPa}$$

石材抗弯强度标准值(花岗岩)

$$f_{rk} := 8.3 \text{MPa}$$

参考《江苏地标》6.2.15

分项系数(花岗岩)

$$\gamma_r := 2.15$$

石材抗弯强度设计值(花岗岩)

$$f_{rb} := \frac{f_{rk}}{\gamma_r} = 3.86 \cdot \text{MPa}$$

石材抗剪强度设计值(花岗岩)

$$f_{rv} := 0.5 \cdot f_{rb} = 1.93 \cdot \text{MPa}$$

面板计算模型

背栓式(四点支承板)

泊松比(花岗岩)

$$\nu_{sc} := 0.125$$

背栓数量

$$n := 4$$

背栓孔径

$$d := 10\text{mm}$$

背栓切入孔深度

$$h_v := 15\text{mm}$$

调整系数(4栓)

$$\beta := 1.25$$

参考《江苏地标》表66

背栓材质

A2-70

背栓抗拉强度

$$f_{tb.A2_70} = 280 \cdot \text{MPa}$$

背栓抗剪强度

$$f_{vb.A2_70} = 245 \cdot \text{MPa}$$

石材面板抗弯强度校核

石材短边比长边

$$\varepsilon := \frac{\min(a_0, b_0)}{\max(a_0, b_0)}$$

$$\varepsilon = 0.197$$

$m_x :=$

	0	1
0	0.5	0.018
1	0.55	0.0236
2	0.6	0.0301
3	0.65	0.0373
4	0.7	0.0453
5	0.75	0.054
6	0.8	0.0634
7	0.85	0.0736
8	0.9	0.0845
9	0.95	0.0961
10	1	0.1083

$m_y :=$

	0	1
0	0.5	0.1221
1	0.55	0.1211
2	0.6	0.1202
3	0.65	0.1189
4	0.7	0.1176
5	0.75	0.1163
6	0.8	0.1149
7	0.85	0.1133
8	0.9	0.1117
9	0.95	0.11
10	1	0.1083

参考《江苏地
标》附表D.8
(泊松比=0.125)

$$X_1 := m_x \langle 0 \rangle \quad Y_1 := m_x \langle 1 \rangle \quad X_2 := m_y \langle 0 \rangle \quad Y_2 := m_y \langle 1 \rangle$$

弯矩系数

$$m_x := \text{linterp}(X_1, Y_1, \max(\varepsilon, 0.5))$$

$$m_x = 0.018$$

$$m_y := \text{linterp}(X_2, Y_2, \max(\varepsilon, 0.5))$$

$$m_y = 0.122$$

风荷载应力(mx)

$$\sigma_{wk.x} := \frac{6 \cdot m_x \cdot w_k \cdot \max(a_0, b_0)^2}{t_{sc}^2}$$

参考《江苏地
标》7.4.12

$$\sigma_{wk.x} = 0.2 \cdot \text{MPa}$$

地震作用应力(mx)

$$\sigma_{ek.x} := \frac{6 \cdot m_x \cdot q_{ek} \cdot \max(a_0, b_0)^2}{t_{sc}^2}$$

$$\sigma_{ek.x} = 0.054 \cdot \text{MPa}$$

承载力极限状态组合应力(mx)

$$\sigma_x := \psi_w \cdot \gamma_w \cdot \sigma_{wk.x} + \psi_{ek} \cdot \gamma_{ek} \cdot \sigma_{ek.x}$$

$$\sigma_x = 0.338 \cdot \text{MPa}$$

风荷载应力(my)

$$\sigma_{wk.y} := \frac{6 \cdot m_y \cdot w_k \cdot \max(a.0, b.0)^2}{t_{sc}^2}$$

$$\sigma_{wk.y} = 1.357 \cdot \text{MPa}$$

地震作用应力(my)

$$\sigma_{ek.y} := \frac{6 \cdot m_y \cdot q_{ek} \cdot \max(a.0, b.0)^2}{t_{sc}^2}$$

$$\sigma_{ek.y} = 0.364 \cdot \text{MPa}$$

承载力极限状态组合应力(my)

$$\sigma_y := \psi_w \cdot \gamma_w \cdot \sigma_{wk.y} + \psi_{ek} \cdot \gamma_{ek} \cdot \sigma_{ek.y}$$

$$\sigma_y = 2.291 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_{\max} := \sigma_x + \sigma_y = 2.628 \cdot \text{MPa}$$

HENCE($\sigma_{\max} \leq f_{rb}$) = "满足规范要求"

石材面板抗剪强度校核

正压时

$$\tau_{k1} := \frac{w_{kp} \cdot a \cdot b}{n \cdot \pi \cdot (d + t_{sc} - h_v)(t_{sc} - h_v)} \beta$$

参考《江苏地标》7.4.16

$$\tau_{k1} = 0.213 \cdot \text{MPa}$$

负压时

$$\tau_{k2} := \frac{w_{kn} \cdot a \cdot b}{n \cdot \pi \cdot (d + h_v) h_v} \beta$$

$$\tau_{k2} = -0.283 \cdot \text{MPa}$$

$$\tau_k := 1.5 \max(\tau_{k1}, |\tau_{k2}|) = 0.425 \cdot \text{MPa}$$

HENCE($\tau_k \leq f_{rv}$) = "满足规范要求"

石材面板挠度校核

挠度系数

$$\mu := 0.0257$$

面板刚度

$$D_{sc} := \frac{E_{sc} \cdot t_{sc}^3}{12(1 - \nu_{sc}^2)}$$

$$D_{sc} = 182.857 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

挠度

$$d_f := \frac{\mu \cdot w_k \cdot \min(a_0, b_0)^4}{D_{sc}}$$

$$d_f = 4.295 \times 10^{-4} \cdot \text{mm}$$

$$\delta_{lim} := \frac{\min(a, b)}{250}$$

许用挠度

$$\delta_{lim} = 2.068 \cdot \text{mm}$$

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

背栓抗拉强度

背栓数量

$$n = 4$$

背栓孔径

$$d = 10 \cdot \text{mm}$$

背栓切入孔深度

$$h_v = 15 \cdot \text{mm}$$

调整系数（4栓）

$$\beta = 1.25$$

参考《江苏地标》表66

螺栓公称直径

$$d_{ls} := 8 \text{mm}$$

螺距

$$p := 1.0 \text{mm}$$

$$A_{ls}(d_{ls}, p) := \frac{\pi}{4} \cdot \left[\frac{d_{ls} - \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot p + \left[d_{ls} - \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{8} \cdot p - \frac{1}{6} \cdot \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \cdot p \right) \right]}{2} \right]^2$$

螺纹有效面积

$$A_s := A_{ls}(d_{ls}, p)$$

$$A_s = 39.167 \cdot \text{mm}^2$$

螺栓抗拉承载力

$$F_{tb} := f_{tb, A2-70} \cdot A_s$$

$$F_{tb} = 10.967 \cdot \text{kN}$$

背栓拉力设计值

$$F_t := \frac{U L S \cdot a \cdot b \cdot \beta}{n}$$

$$F_t = 563.628 \text{ N}$$

材质系数（花岗岩）

$$C := 17$$

面板弯曲抗拉强度设计值

$$\sigma_{\max} = 2.628 \cdot \text{MPa}$$

锚固深度

$$h_v = 15 \cdot \text{mm}$$

$$R_t := \frac{C \cdot (f_{rb})^{0.6} \cdot (h_v)^{1.7}}{3} \cdot (\text{N})$$

参考《江苏地标》7.4.24

螺栓许用拉应力

$$R_t = 1.273 \times 10^3 \text{ N}$$

$$F_{t,\text{allow}} := \min(R_t, F_{tb}) = 1.273 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{HENCE}(F_t \leq F_{t,\text{allow}}) = \text{"满足规范要求"}$$

背栓抗剪强度

石材重力荷载标准值
(考虑1.1的附属构件)

$$G_k := 1.1a \cdot b \cdot t_{sc} \cdot \rho_{sc}$$

$$G_k = 716.562 \text{ N}$$

单个背栓所受剪力

$$V := \frac{1.35 \cdot G_k \cdot \beta}{n}$$

$$V = 302.3 \text{ N}$$

分项系数

$$\gamma_r = 2.15$$

$$\gamma_r \cdot V = 649.944 \text{ N}$$

$$f_{vb.A2_70} = 245 \cdot \text{MPa}$$

螺栓抗剪承载力设计值

$$v_{vb} := f_{vb.A2_70} \cdot A_s$$

$$v_{vb} = 9.596 \times 10^3 \text{ N}$$

$$\text{HENCE}(\gamma_r \cdot V \leq v_{vb}) = \text{"满足规范要求"}$$