

01 槽式埋件设计分析--《DB32/T 4065—2021》附录B



计算说明：埋件采用槽式埋件，埋件固定在主体结构上，承担龙骨传递过来的水平荷载以及自重荷载，我们需要校核槽式埋件的承载能力，具体的连接形式参见下图：

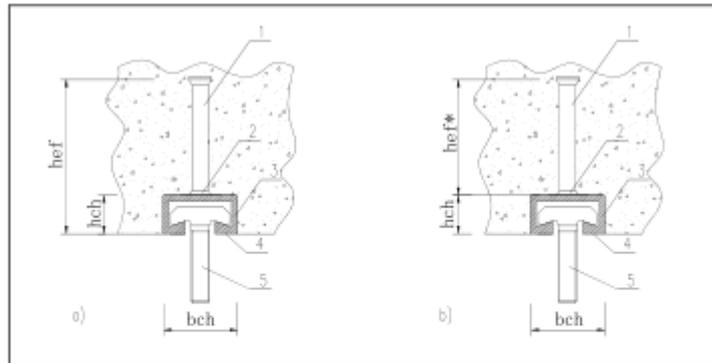


图 B.1 槽式预埋件各部件示意图

1-锚筋（又称锚腿）；2-锚筋与槽体连接处；3-槽体（又称钢槽）；4-槽体卷边；5-T型螺栓
 b_{ch} -槽体宽度； h_{ch} -槽体高度； $h_{ef}^* = h_{ef} - h_{ch}$

作用于埋件荷载

埋件所受的轴力设计值

$$N_a := 12\text{kN}$$

剪力设计值

$$V_a := 3.5\text{kN}$$

偏心距参数

$$e_1 := 90\text{mm} + 25\text{mm}$$

$$e_2 := 25\text{mm}$$

附加弯矩

$$M_a := V_a \cdot e_1 + N_a \cdot e_2$$

$$M_a = 0.703 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

埋件参数

槽体高度

$$h_{ch} := 35.5\text{mm}$$

槽体宽度

$$b_{ch} := 42\text{mm}$$

锚筋总深度

$$h_{ef_} := 152\text{mm}$$

$$h_{ef_x} := h_{ef_} - h_{ch} = 116.5 \cdot \text{mm}$$

$$h_{ef} := \begin{cases} h_{ef_} & \text{if } \frac{h_{ch}}{h_{ef_}} \leq 0.4 \wedge \frac{b_{ch}}{h_{ef_}} \leq 0.7 \\ h_{ef_x} & \text{otherwise} \end{cases}$$

锚筋有效埋深

$$h_{ef} = 152 \cdot \text{mm}$$

锚栓个数

$$n_a := 2$$

锚筋间距

$$s := 135 \text{mm}$$

单个锚栓受到的拉力设计值

$$N_{Ed_cb} := \frac{N_a}{n_a} = 6 \times 10^3 \text{ N}$$

钢槽y轴抵抗矩

$$W_{pl_y} := 2.5592 \text{cm}^3$$

钢槽y轴惯性矩

$$I_y := 4.6821 \text{cm}^4$$

槽式预埋件受拉内力计算时拉力作用对槽式预埋件的影响长度 l_i

$$l_{i_} := 13 \cdot \left(\frac{I_y}{\text{mm}^4} \right)^{0.05} \cdot \left(\frac{s}{\text{mm}} \right)^{0.5} \cdot \text{mm}$$

$$l_i := \max(l_{i_}, s) = 258.602 \cdot \text{mm}$$

荷载三角形分配函数
(对称的一半函数)

$$A_{i_}(x) := 1 - \frac{x}{l_i}$$

单位: m

锚筋1距锚栓距离

$$l_1 := 47 \text{mm}$$

锚筋2距锚栓距离

$$l_2 := s - l_1 = 88 \cdot \text{mm}$$

锚筋3距锚栓距离

$$l_3 := l_2 + s = 223 \cdot \text{mm}$$

锚筋1在三角行内的高度

$$A_{1_} := A_{i_}(l_1) = 0.818$$

锚筋2在三角行内的高度

$$A_{2_} := A_{i_}(l_2) = 0.66$$

锚筋3在三角行内的高度

$$A_{3_} := A_{i_}(l_3) = 0.138$$

该三角形内各 A_i
总和的倒数

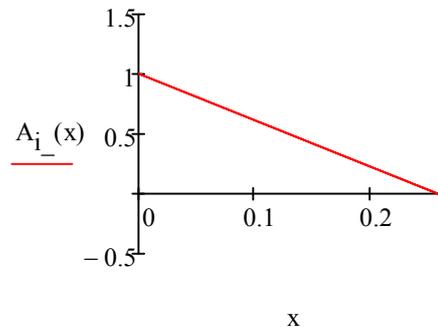
$$k := \frac{1}{A_{1_} + A_{2_} + A_{3_}} = 0.619$$

锚筋 i 受到的拉力设计值

$$N_{Ed_i_a}(A_i) := k \cdot A_i \cdot N_{Ed_cb}$$

锚筋1拉力设计值

$$N_{Ed_1_a} := N_{Ed_i_a}(A_{1_}) = 3.039 \times 10^3 \text{ N}$$



锚筋2拉力设计值	$N_{Ed_2_a} := N_{Ed_i_a}(A_{2_}) = 2.45 \times 10^3 \text{ N}$
锚筋3拉力设计值	$N_{Ed_3_a} := N_{Ed_i_a}(A_{3_}) = 511.273 \text{ N}$
锚筋1、3总拉力设计值 (两个螺栓作用下)	$N_{Ed_1_a.z} := N_{Ed_1_a} + N_{Ed_3_a} = 3.55 \times 10^3 \text{ N}$
锚筋2总拉力设计值 (两个螺栓作用下)	$N_{Ed_2_a.z} := 2N_{Ed_2_a} = 4.9 \times 10^3 \text{ N}$
最大拉力	$N_{Ed_a} := \max(N_{Ed_1_a.z}, N_{Ed_2_a.z}) = 4.9 \times 10^3 \text{ N}$

锚筋钢材破坏时受拉承载力计算

材质等级

屈服强度标准值 $f_{yk} = 235 \cdot \text{MPa}$

材质等级

极限抗拉强度标准值 $f_{uk} = 375 \cdot \text{MPa}$

钢材受拉破坏承载力分项系数 $\gamma_{Ms} := 1.5$

锚筋直径 $d := 12 \text{ mm}$

锚筋应力截面积 $A_{.s} := \pi \cdot \left(\frac{d}{2}\right)^2 = 113.097 \cdot \text{mm}^2$

$N_{Rk_s_a} := A_{.s} \cdot f_{yk}$

锚筋钢材破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd_s_a} := \frac{N_{Rk_s_a}}{\gamma_{Ms}}$

校核 $\text{HENCE}(N_{Ed_a} < N_{Rd_s_a}) = \text{"满足规范要求"}$

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受拉承载力计算

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受拉承载力标准值 $N_{Rk_s_c} := 15 \text{ kN}$ 应按产品认证报告或检测确定

锚筋与钢槽连接处受拉、受剪分项系数 $\gamma_{Ms_ca} := 1.8$

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd_s_c} := \frac{N_{Rk_s_c}}{\gamma_{Ms_ca}}$

$$N_{Rd_s_c} = 8.333 \times 10^3 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(N_{Ed_a} < N_{Rd_s_c}) = \text{"满足规范要求"}$$

钢槽卷边钢材破坏受拉承载力计算

钢槽卷边钢材破坏受拉承载力标准值

$$N_{Rk_s_1} := 15 \text{ kN}$$

应按产品认证报告或检测确定

钢槽卷边受拉、受剪分项系数

$$\gamma_{Ms_1} := 1.8$$

T型螺栓轴心间距

$$S_{chb} := 175 \text{ mm}$$

折减系数

$$\xi := \begin{cases} \min \left[1, 0.5 \left(1 + \frac{S_{chb}}{2b_{ch}} \right) \right] & \text{if } S_{chb} < 2b_{ch} \\ 1 & \text{if } S_{chb} \geq 2b_{ch} \end{cases}$$

$$\xi = 1$$

钢槽卷边钢材破坏受拉承载力设计值

$$N_{Rd_s_1} := \frac{\xi \cdot N_{Rk_s_1}}{\gamma_{Ms_1}}$$

$$N_{Rd_s_1} = 8.333 \times 10^3 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(N_{Ed_cb} < N_{Rd_s_1}) = \text{"满足规范要求"}$$

T型螺栓钢材破坏时受拉承载力计算

材质等级

屈服强度标准值

$$f_{yk} = 210 \cdot \text{MPa}$$

材质等级

极限抗拉强度标准值

$$f_{uk} = 520 \cdot \text{MPa}$$

钢材受拉破坏承载力分项系数

$$\gamma_{Ms} = 1.5$$

螺栓直径

$$d_{ls} := 12 \text{ mm}$$

螺栓应力截面积

$$A_s = 84 \cdot \text{mm}^2$$

$$N_{Rk_s} := A_s \cdot f_{yk} = 1.764 \times 10^4 \text{ N}$$

钢材破坏受拉承载力设计值 $N_{Rd_s} := \frac{N_{Rk_s}}{\gamma_{Ms}} = 1.176 \times 10^4 \text{ N}$

校核 $HENCE(N_{Ed_{cb}} < N_{Rd_s}) = \text{"满足规范要求"}$

钢槽受拉弯曲钢材破坏的抗弯承载力计算

钢槽材质等级

屈服强度标准值 $f_{yk} = 235 \cdot \text{MPa}$

钢槽受拉弯曲钢材破坏的抗弯承载力标准值 $M_{Rk_{s_flex}} := W_{pl_y} \cdot f_{yk}$

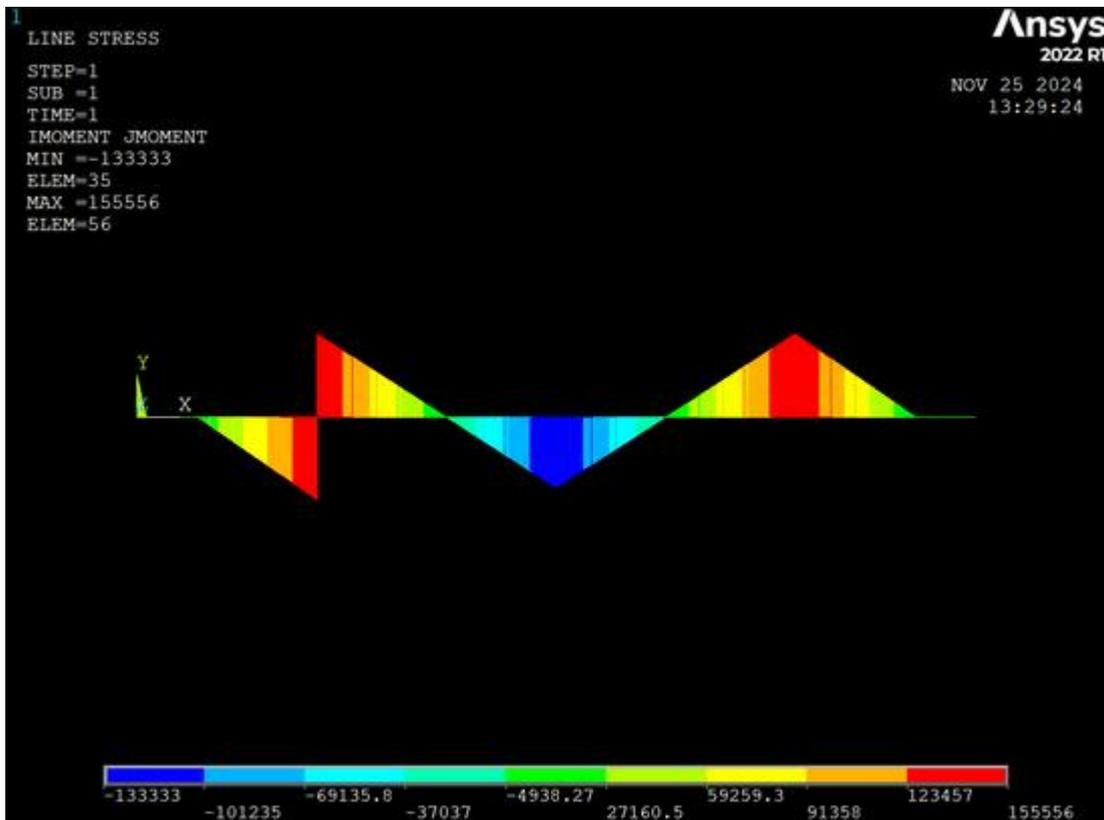
$M_{Rk_{s_flex}} = 6.014 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$

钢材受拉弯曲分项系数 $\gamma_{Ms_flex} := 1.15$

钢槽受拉弯曲钢材破坏的抗弯承载力设计值 $M_{Rd_{s_flex}} := \frac{M_{Rk_{s_flex}}}{\gamma_{Ms_flex}}$

$M_{Rd_{s_flex}} = 5.23 \times 10^5 \cdot \text{N} \cdot \text{mm}$

位于槽式预埋件任意位置的 T 型螺栓受拉产生的弯矩 $M_{Ed_{ch}} := 155556 \text{ N} \cdot \text{mm}$



校核

$$\text{HENCE}(M_{Ed_ch} < M_{Rd_s_flex}) = \text{"满足规范要求"}$$

锚筋受拉拔出破坏承载力计算

混凝土立方体抗压强度标准值
(C30)

$$f_{cu_k} := 30\text{MPa}$$

混凝土受力性质

$$k_2 = 6$$

锚筋端部直径

$$d_h := 24\text{mm}$$

锚筋直径

$$d_a := d = 12\cdot\text{mm}$$

锚筋端部圆头的厚度

$$t_h := 3.5\text{mm}$$

$$\text{HENCE}(d_h < 6t_h + d_a) = \text{"满足规范要求"}$$

锚筋端部的受力面积

$$A_h := \frac{\pi}{4}(d_h^2 - d_a^2) = 339.292\cdot\text{mm}^2$$

锚筋受拉拔出破坏承载力标准值

$$N_{Rk_p} := k_2 \cdot f_{cu_k} \cdot A_h$$

$$N_{Rk_p} = 6.107 \times 10^4 \text{N}$$

锚筋受拉拔出破坏分项系数

$$\gamma_{Mp} := 1.5$$

锚筋受拉拔出破坏承载力设计值

$$N_{Rd_p} := \frac{N_{Rk_p}}{\gamma_{Mp}} = 4.072 \times 10^4 \text{N}$$

校核

$$\text{HENCE}(N_{Ed_a} < N_{Rd_p}) = \text{"满足规范要求"}$$

混凝土椎体受拉破坏承载力计算

混凝土立方体抗压强度标准值
(C30)

$$f_{cu_k} = 30\cdot\text{MPa}$$

混凝土受力性质

$$k_{11} = 7.9$$

$$\alpha_{ch_N} := \min\left[1, \left(\frac{h_{ef}}{180\text{mm}}\right)^{0.15}\right] = 0.975$$

$$k_1 := k_{11} \cdot \alpha_{ch_N} = 7.702$$

单根锚筋受拉时，混凝土理想锥体破坏的受拉承载力标准值

$$N_{Rk_c_0} := k_1 \cdot \sqrt{\frac{f_{cu_k}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{h_{ef}}{\text{mm}}\right)^{1.5} \cdot N$$

$$N_{Rk_c_0} = 7.906 \times 10^4 \cdot N$$

相邻锚筋间距

$$s = 0.135 \text{ m}$$

相邻锚筋间距1

$$s_1 := s = 0.135 \text{ m}$$

相邻锚筋间距2

$$s_2 := s = 0.135 \text{ m}$$

0号锚筋（进行验算的锚筋）所承受的拉力荷载

$$N_0 := \max(N_{Ed_1_a.z}, N_{Ed_2_a.z}) = 4.9 \times 10^3 \text{ N}$$

1号锚筋（对0号锚筋有影响的单个锚筋所承受的拉力荷载

$$N_1 := \min(N_{Ed_1_a.z}, N_{Ed_2_a.z}) = 3.55 \times 10^3 \text{ N}$$

2号锚筋（对0号锚筋有影响的单个锚筋所承受的拉力荷载

$$N_2 := \min(N_{Ed_1_a.z}, N_{Ed_2_a.z}) = 3.55 \times 10^3 \text{ N}$$

锚筋的临界间距

$$s_{cr_N} := 2 \left(2.8 - 1.3 \frac{h_{ef}}{180\text{mm}} \right) \cdot h_{ef} = 0.517 \text{ m}$$

$$\text{HENCE}(s_{cr_N} \geq 3 \cdot h_{ef}) = \text{"满足规范要求"}$$

相邻锚筋间距影响系数

$$\psi_{ch_s_N} := \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{cr_N}}\right)^{1.5} \cdot \frac{N_1}{N_0} + \left(1 - \frac{s_2}{s_{cr_N}}\right)^{1.5} \cdot \frac{N_2}{N_0}}$$

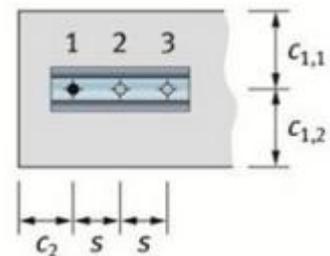
$$\psi_{ch_s_N} := \min(1, \psi_{ch_s_N}) = 0.521$$

边距

$$c_{11} := 200\text{mm}$$

$$c_{12} := 400\text{mm}$$

$$c_1 := \min(c_{11}, c_{12}) = 0.2 \text{ m}$$



临界边距

$$c_{cr_N} := 0.5 \cdot s_{cr_N} = 0.259 \text{ m}$$

混凝土基材边缘距离影响系数

$$\psi_{ch_e_N} := \left(\frac{c_1}{c_{cr_N}}\right)^{0.5}$$

$$\psi_{ch_e_N} := \min(1, \psi_{ch_e_N}) = 0.879$$

边距

$$c_2 := 200\text{mm}$$

混凝土基材边角影响系数

$$\psi_{\text{ch_c_N}} := \left(\frac{c_2 + s}{c_{\text{cr_N}}} \right)^{0.5}$$

$$\psi_{\text{ch_c_N}} := \min(1, \psi_{\text{ch_c_N}}) = 1$$

表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数

$$\psi_{\text{re_N}} := \begin{cases} 0.5 + \frac{h_{\text{ef}}}{200\text{mm}} & \text{if } h_{\text{ef}} \leq 100\text{mm} \\ 1 & \text{if } h_{\text{ef}} > 100\text{mm} \end{cases}$$

$$\psi_{\text{re_N}} := \min(1, \psi_{\text{re_N}}) = 1$$

单根锚筋发生混凝土锥体破坏受拉承载力标准值

$$N_{\text{Rk_c}} := N_{\text{Rk_c_0}} \cdot \psi_{\text{ch_s_N}} \cdot \psi_{\text{ch_e_N}} \cdot \psi_{\text{ch_c_N}} \cdot \psi_{\text{re_N}}$$

$$N_{\text{Rk_c}} = 3.619 \times 10^4 \text{N}$$

混凝土锥体破坏分项系数

$$\gamma_{\text{Mc}} := 1.5$$

单根锚筋发生混凝土锥体破坏受拉承载力设计值

$$N_{\text{Rd_c}} := \frac{N_{\text{Rk_c}}}{\gamma_{\text{Mc}}}$$

$$N_{\text{Rd_c}} = 2.412 \times 10^4 \text{N}$$

校核

$$\text{HENCE}(N_{\text{Ed_a}} < N_{\text{Rd_c}}) = \text{"满足规范要求"}$$

混凝土受拉劈裂破坏计算

任何方向的最小边距

$$c := \min(c_1, c_2) = 0.2 \text{ m}$$

基材混凝土劈裂破坏临界边距

$$c_{\text{cr_sp}} := 2 \cdot h_{\text{ef}}$$

《JGJ145-2013》6.2.14条

$$c_{\text{cr_sp}} = 304 \cdot \text{mm}$$

基材混凝土劈裂破坏临界间距

$$s_{\text{cr_sp}} := 2 \cdot c_{\text{cr_sp}}$$

$$s_{\text{cr_sp}} = 608 \cdot \text{mm}$$

混凝土基材厚度

$$h := 400\text{mm}$$

基材最小厚度

$$h_{\text{min}} := \max(2 \cdot h_{\text{ef}}, 100\text{mm})$$

$$h_{\text{min}} = 0.304 \text{ m}$$

于是($c \geq 1.2 \cdot c_{cr_sp}$) = "考虑荷载条件下的劈裂破坏"

于是($h \geq h_{min}$) = "不考虑荷载条件下的劈裂破坏"

拔出破坏承载力标准值、混凝土受拉锥体破坏标准值较小值

$$N_{Rk_0} := \min(N_{Rk_p}, N_{Rk_c_0}) = 6.107 \times 10^4 \text{ N}$$

基材厚度影响系数

$$\psi_{h_sp.} := \left(\frac{h}{h_{min}} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$\psi_{h_sp} := \min \left[\psi_{h_sp.}, \min \left[2, \max \left[1, \left(\frac{h_{ef} + c_{cr_N}}{h_{min}} \right)^{\frac{2}{3}} \right] \right] \right]$$

$$\psi_{h_sp} = 1.201$$

相邻锚筋间距影响系数

$$\psi_{ch_s_sp.} := \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{cr_sp}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_1}{N_0} + \left(1 - \frac{s_2}{s_{cr_sp}} \right)^{1.5} \cdot \frac{N_2}{N_0}}$$

$$\psi_{ch_s_sp} := \min(1, \psi_{ch_s_sp.}) = 0.501$$

混凝土基材边缘距离影响系数

$$\psi_{ch_e_sp.} := \left(\frac{c_1}{c_{cr_sp}} \right)^{0.5}$$

$$\psi_{ch_e_sp} := \min(1, \psi_{ch_e_sp.}) = 0.811$$

边距

$$c_2 = 0.2 \text{ m}$$

混凝土基材边角影响系数

$$\psi_{ch_c_sp.} := \left(\frac{c_2 + s}{c_{cr_sp}} \right)^{0.5}$$

$$\psi_{ch_c_sp} := \min(1, \psi_{ch_c_sp.}) = 1$$

表层混凝土因密集配筋的剥离作用对受拉承载力的影响系数

$$\psi_{re_sp.} := \begin{cases} 0.5 + \frac{h_{ef}}{200\text{mm}} & \text{if } h_{ef} \leq 100\text{mm} \\ 1 & \text{if } h_{ef} > 100\text{mm} \end{cases}$$

$$\psi_{re_sp} := \min(1, \psi_{re_sp.}) = 1$$

混凝土劈裂破坏承载力标准值

$$N_{Rk_sp} := N_{Rk_0} \cdot \psi_{ch_s_sp} \cdot \psi_{ch_e_sp} \cdot \psi_{ch_c_sp} \cdot \psi_{re_sp} \cdot \psi_{h_sp}$$

$$N_{Rk_sp} = 2.983 \times 10^4 \text{ N}$$

混凝土劈裂破坏分项系数

$$\gamma_{Msp} := 1.5$$

锚筋发生混凝土劈裂破坏受拉承载力设计值

$$N_{Rd_sp} := \frac{N_{Rk_sp}}{\gamma_{Msp}}$$

$$N_{Rd_sp} = 1.988 \times 10^4 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(N_{Ed_a} < N_{Rd_sp}) = \text{"满足规范要求"}$$

混凝土受拉边缘剥落破坏计算

任何方向的最小边距

$$c = 0.2 \text{ m}$$

$$\text{于是}(c \geq 0.5h_{ef}) = \text{"不考虑荷载条件下的受拉边缘剥落破坏"}$$

$$N_{Rd_cb} := 0 \text{ N}$$

锚筋钢材受剪破坏计算

剪力设计值

$$V_y := V_a = 3.5 \times 10^3 \text{ N}$$

$$V_x := 0 \text{ N}$$

锚筋数量

$$n_{mj} := 3$$

单个锚筋剪力设计值

$$V_{Ed_a_y} := \frac{V_y}{n_{mj}} = 1.167 \times 10^3 \text{ N}$$

$$V_{Ed_a_x} := \frac{V_x}{n_{mj}} = 0 \cdot \text{N}$$

钢材受剪破坏承载力分项系数

$$\gamma_{Ms} := 1.25$$

材质等级

屈服强度标准值

$$f_{yk} = 235 \cdot \text{MPa}$$

材质等级

极限抗拉强度标准值

$$f_{uk} = 375 \cdot \text{MPa}$$

锚筋直径 $d = 0.012 \text{ m}$

锚筋应力截面积 $A_s = 113.097 \cdot \text{mm}^2$

锚栓钢材破坏受剪承载力设计值 $V_{Rd_s_a_y} := \frac{0.6 A_s \cdot f_{yk}}{\gamma_{Ms}}$

$$V_{Rd_s_a_y} = 1.276 \times 10^4 \text{ N}$$

$$V_{Rd_s_a_x} := V_{Rd_s_a_y} = 1.276 \times 10^4 \text{ N}$$

校核 $\text{HENCE}(V_{Ed_a_y} < V_{Rd_s_a_y}) = \text{"满足规范要求"}$

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受剪承载力计算

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受剪承载力标准值 $V_{Rk_s_c_y} := 15 \text{ kN}$ 应按产品认证报告或检测确定

$$V_{Rk_s_c_x} := \gamma_{Ms} \cdot V_{Rd_s_a_x} \cdot \frac{N_{Rk_s_c}}{N_{Rk_s_a}}$$

$$V_{Rk_s_c_x} := \min(V_{Rk_s_c_x}, \gamma_{Ms} \cdot V_{Rd_s_a_x}) = 9 \times 10^3 \text{ N}$$

锚筋与钢槽连接处受拉、受剪分项系数 $\gamma_{Ms_ca} = 1.8$

锚筋与钢槽连接处受拉钢材破坏受剪承载力设计值 $V_{Rd_s_c_y} := \frac{V_{Rk_s_c_y}}{\gamma_{Ms_ca}}$ $V_{Rd_s_c_x} := \frac{V_{Rk_s_c_x}}{\gamma_{Ms_ca}}$

$$V_{Rd_s_c_y} = 8.333 \times 10^3 \text{ N}$$

校核 $\text{HENCE}(V_{Ed_a_y} < V_{Rd_s_c_y}) = \text{"满足规范要求"}$

钢槽卷边钢材破坏受剪承载力计算

剪力设计值 $V_y = 3.5 \times 10^3 \text{ N}$

$$V_x = 0$$

螺栓数量 $n_a = 2$

单个螺栓剪力设计值 $V_{Ed_cb_y} := \frac{V_y}{n_a} = 1.75 \times 10^3 \text{ N}$

$$V_{Ed_cb_x} := \frac{V_x}{n_a} = 0 \cdot \text{N}$$

钢槽卷边钢材破坏受剪承载力标准值

$$V_{Rk_s_1_y} := 15\text{kN}$$

应按产品认证报告或检测确定

$$V_{Rk_s_1_x} := 15\text{kN}$$

钢槽卷边受拉、受剪分项系数

$$\gamma_{Ms_1} = 1.8$$

T型螺栓轴心间距

$$S_{chb} = 175 \cdot \text{mm}$$

折减系数

$$\xi = 1$$

钢槽卷边钢材破坏受剪承载力设计值

$$V_{Rd_s_1_y} := \frac{\xi \cdot V_{Rk_s_1_y}}{\gamma_{Ms_1}}$$

$$V_{Rd_s_1_x} := \frac{\xi \cdot V_{Rk_s_1_x}}{\gamma_{Ms_1}}$$

$$V_{Rd_s_1_y} = 8.333 \times 10^3 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(V_{Ed_cb_y} < V_{Rd_s_1_y}) = \text{"满足规范要求"}$$

T型螺栓钢材破坏时受剪承载力计算

材质等级

屈服强度标准值

$$f_{yk} = 210 \cdot \text{MPa}$$

材质等级

极限抗拉强度标准值

$$f_{uk} = 520 \cdot \text{MPa}$$

钢材受拉破坏承载力分项系数

$$\gamma_{Ms} = 1.25$$

螺栓直径

$$d_{ls} = 0.012 \text{ m}$$

螺栓应力截面积

$$A_s = 84 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{Rk_s} := 0.6 A_s \cdot f_{yk}$$

钢材破坏受拉承载力设计值

$$V_{Rd_s} := \frac{V_{Rk_s}}{\gamma_{Ms}} = 8.467 \times 10^3 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(V_{Ed_cb_y} < V_{Rd_s}) = \text{"满足规范要求"}$$

混凝土的剪撬破坏承载力计算

$$k_8 := 2$$

幕墙工程中有效埋深
不小于 90mm

混凝土的剪撬破坏承载力标准值

$$V_{Rk_cp_y} := k_8 \cdot N_{Rk_c}$$

$$V_{Rk_cp_y} = 7.237 \times 10^4 \text{ N}$$

$$V_{Rk_cp_x} := k_8 \cdot N_{Rk_c}$$

$$V_{Rk_cp_x} = 7.237 \times 10^4 \text{ N}$$

钢材破坏受拉承载力设计值

$$V_{Rd_cp_y} := \frac{V_{Rk_s}}{\gamma_{Mc}} = 7.056 \times 10^3 \text{ N}$$

$$V_{Rd_cp_x} := \frac{V_{Rk_s}}{\gamma_{Mc}} = 7.056 \times 10^3 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(V_{Ed_a_y} < V_{Rd_cp_y}) = \text{"满足规范要求"}$$

混凝土边缘破坏受剪承载力计算

混凝土立方体抗压强度标准值
(C30)

$$f_{cu_k} = 30 \text{ MPa}$$

混凝土受力性质

$$k_{12} = 4.1$$

为单根锚筋承受垂直与钢槽剪力时，混凝土理想边缘破坏承载力标准值

$$V_{Rk_c_0} := k_{12} \cdot \sqrt{\frac{f_{cu_k}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{c_1}{\text{mm}}\right)^{\frac{4}{3}} \text{ N}$$

$$V_{Rk_c_0} = 2.627 \times 10^4 \text{ N}$$

相邻锚筋间距

$$s = 0.135 \text{ m}$$

相邻锚筋间距1

$$s_1 = 0.135 \text{ m}$$

相邻锚筋间距2

$$s_2 = 0.135 \text{ m}$$

0号锚筋（进行验算的锚筋）所承受的剪力荷载

$$V_0 := V_{Ed_a_y} = 1.167 \times 10^3 \text{ N}$$

1号锚筋（对0号锚筋有影响的单个锚筋所承受的剪力荷载

$$V_1 := V_{Ed_a_y} = 1.167 \times 10^3 \text{ N}$$

2号锚筋（对0号锚筋有影响的单个锚筋所承受的剪力荷载

$$V_2 := V_{Ed_a_y} = 1.167 \times 10^3 \text{ N}$$

锚筋的临界间距

$$s_{cr_V} := \begin{cases} 4 \cdot c_1 + 2 \cdot b_{ch} & \text{if } \frac{h_{ch}}{h_{ef}} \leq 0.4 \wedge \frac{b_{ch}}{h_{ef}} \leq 0.7 \\ 4 \cdot c_1 + 2 \cdot b_{ch} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$s_{cr_V} = 884 \cdot \text{mm}$$

$$\text{HENCE}(s_{cr_V} \geq \max(s_1, s_2)) = \text{"满足规范要求"}$$

相邻锚筋间距影响系数

$$\psi_{ch_s_V} := \frac{1}{1 + \left(1 - \frac{s_1}{s_{cr_V}}\right)^{1.5} \cdot \frac{V_1}{V_0} + \left(1 - \frac{s_2}{s_{cr_V}}\right)^{1.5} \cdot \frac{V_2}{V_0}}$$

$$\psi_{ch_s_V} := \min(1, \psi_{ch_s_V}) = 0.391$$

边距

$$c_2 = 0.2 \text{ m}$$

$$c_{cr_V} := 0.5 \cdot s_{cr_V} = 442 \cdot \text{mm}$$

混凝土基材边角影响系数

$$\psi_{ch_c_V} := \left(\frac{c_2}{c_{cr_V}}\right)^{0.5}$$

$$\psi_{ch_c_V} := \min(1, \psi_{ch_c_V}) = 0.673$$

混凝土构件厚度

$$h = 0.4 \text{ m}$$

基材临界厚度

$$h_{cr_V} := \begin{cases} 2 \cdot c_1 + 2 \cdot b_{ch} & \text{if } \frac{h_{ch}}{h_{ef}} \leq 0.4 \wedge \frac{b_{ch}}{h_{ef}} \leq 0.7 \\ 2 \cdot c_1 + 2 \cdot b_{ch} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$h_{cr_V} = 484 \cdot \text{mm}$$

混凝土基材厚度影响系数

$$\psi_{ch_h_V} := \left(\frac{h}{h_{cr_V}}\right)^{0.5}$$

$$\psi_{ch_h_V} := \min(1, \psi_{ch_h_V}) = 0.909$$

剪力垂直角度

$$\alpha := 90 \text{ deg}$$

考虑剪力与边缘平行时对受剪承载力的影响系数

$$\psi_{ch_90_V} := \begin{cases} 2.5 & \text{if } \alpha = 90 \cdot \text{deg} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\psi_{ch_90_V} = 2.5$$

混凝土边缘有无配筋或所处位置对承载力的影响系数

- (a) 构件为开裂混凝土，且边缘无纵向钢筋或箍筋时， $\psi_{re,V} = 1.0$;
- (b) 构件为非开裂混凝土时，在槽式预埋件和构件边缘之间有纵向钢筋，且直径不小于 12mm， $\psi_{re,V} = 1.2$;
- (c) 构件为开裂混凝土，边缘有纵向钢筋和箍筋，且纵筋直径不小于 12mm，箍筋间距不大于 100mm 时， $\psi_{re,V} = 1.4$;
- (d) 构件为非开裂混凝土时， $\psi_{re,V} = 1.4$ 。

$$\psi_{re,V} = 1$$

$$V_{Rk_c_y} := V_{Rk_c_0} \cdot \psi_{ch_s_V} \cdot \psi_{ch_c_V} \cdot \psi_{ch_h_V} \cdot \psi_{ch_90_V} \cdot \psi_{re_V}$$

垂直于钢槽长度方向剪力作用下，混凝土边缘破坏受剪承载力标准值

$$V_{Rk_c_y} = 1.569 \times 10^4 \text{ N}$$

混凝土锥体破坏分项系数

$$\gamma_{Mc} = 1.5$$

混凝土边缘破坏受剪承载力设计值

$$V_{Rd_c_y} := \frac{V_{Rk_c_y}}{\gamma_{Mc}}$$

$$V_{Rd_c_y} = 1.046 \times 10^4 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(V_{Ed_a_y} < V_{Rd_c_y}) = \text{"满足规范要求"}$$

为单根锚筋承受平行与钢槽剪力时，混凝土理想边缘破坏承载力标准值

$$V_{Rk_c_x_0_1} := 6.3 \cdot \left(\frac{h_{ef}}{d_a}\right)^{0.2} \cdot \sqrt{\frac{f_{cu_k} \cdot d_a}{\text{MPa} \cdot \text{mm}}} \cdot \left(\frac{c_1}{\text{mm}}\right)^{1.5} \text{ N}$$

$$V_{Rk_c_x_0_2} := 8.1 \sqrt{\frac{f_{cu_k}}{\text{MPa}}} \cdot \left(\frac{c_1}{\text{mm}}\right)^{1.5} \cdot \text{N}$$

$$V_{Rk_c_x_0} := \min(V_{Rk_c_x_0_1}, V_{Rk_c_x_0_2})$$

$$V_{Rk_c_x_0} = 1.255 \times 10^5 \text{ N}$$

单根锚栓受剪混凝土理想边缘破坏侧向投影面积

$$A_{c_v_0} := 4.5 \cdot c_2^2$$

$$A_{c_v_0} = 1.8 \times 10^5 \cdot \text{mm}^2$$

混凝土实际边缘破坏侧向投影面积

$$A_{c_v} := (\min(c_{11}, 1.5c_2) + \min(c_{12}, 1.5 \cdot c_2)) \cdot \min(1.5 \cdot c_2, h)$$

$$A_{c_v} = 1.5 \times 10^5 \cdot \text{mm}^2$$

$$V_{Rk_c_x} := V_{Rk_c_x_0} \cdot \frac{A_{c_v}}{A_{c_v_0}} \cdot \psi_{ch_s_V} \cdot \psi_{ch_c_V} \cdot \psi_{ch_h_V} \cdot \psi_{re_V}$$

平行于钢槽长度方向剪力作用下，
混凝土边缘破坏受剪承载力标准值

$$V_{Rk_c_x} = 2.498 \times 10^4 \text{ N}$$

混凝土锥体破坏分项系数

$$\gamma_{Mc} = 1.5$$

混凝土边缘破坏受剪承载力设计值

$$V_{Rd_c_x} := \frac{V_{Rk_c_x}}{\gamma_{Mc}}$$

$$V_{Rd_c_x} = 1.665 \times 10^4 \text{ N}$$

校核

$$\text{HENCE}(V_{Ed_a_x} < V_{Rd_c_x}) = \text{"满足规范要求"}$$

拉剪复合计算

$$V_{Ed_cb} := \sqrt{V_{Ed_cb_y}^2 + V_{Ed_cb_x}^2}$$

槽式预埋件在承受拉剪复合力时，
其 T 型螺栓的钢材破坏模式验算

$$\lambda_1 := \left(\frac{N_{Ed_cb}}{N_{Rd_s}} \right)^2 + \left(\frac{V_{Ed_cb}}{V_{Rd_s}} \right)^2$$

$$\lambda_1 = 0.303$$

$$\text{HENCE}(\lambda_1 < 1) = \text{"满足规范要求"}$$

槽式预埋件承受拉剪复合力时，
其卷边破坏、钢槽受弯破坏模式
的验算

$$k_{13} := \begin{cases} 2 & \text{if } V_{Rd_s_1_y} \leq N_{Rd_s_1} \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases} = 2$$

卷边验算

$$\lambda_2 := \frac{\left(\frac{N_{Ed_cb}}{N_{Rd_s_1}} \right)^{k_{13}} + \left(\frac{V_{Ed_cb_y}}{V_{Rd_s_1_y}} \right)^{k_{13}}}{\left(1 - \frac{V_{Ed_cb_x}}{V_{Rd_s_1_x}} \right)^{k_{13}}}$$

$$\lambda_2 = 0.563$$

$$\text{HENCE}(\lambda_2 < 1) = \text{"满足规范要求"}$$

受弯验算

$$\lambda_3 := \frac{\left(\frac{M_{Ed_ch}}{M_{Rd_s_flex}}\right)^{k_{13}} + \left(\frac{V_{Ed_cb_y}}{V_{Rd_s_l_y}}\right)^{k_{13}}}{\left(1 - \frac{V_{Ed_cb_x}}{V_{Rd_s_l_x}}\right)^{k_{13}}}$$

$$\lambda_3 = 0.133$$

HENCE($\lambda_3 < 1$) = "满足规范要求"

$$k_{14} := \begin{cases} 2 & \text{if } \max(V_{Rd_s_a_y}, V_{Rd_s_c_y}) \leq \min(N_{Rd_s_a}, N_{Rd_s_c}) \\ 1 & \text{otherwise} \end{cases}$$

槽式预埋件承受拉剪复合力时，其锚筋破坏、锚筋与钢槽连接破坏模式的验算

$$k_{14} = 1$$

$$\lambda_4 := \frac{\max\left(\frac{N_{Ed_a}}{N_{Rd_s_a}}, \frac{N_{Ed_a}}{N_{Rd_s_c}}\right)^{k_{14}} + \max\left(\frac{V_{Ed_a_y}}{V_{Rd_s_a_y}}, \frac{V_{Ed_a_y}}{V_{Rd_s_c_y}}\right)^{k_{14}}}{\left(1 - \max\left(\frac{V_{Ed_a_x}}{V_{Rd_s_a_x}}, \frac{V_{Ed_a_x}}{V_{Rd_s_c_x}}\right)\right)^{k_{14}}}$$

$$\lambda_4 = 0.728$$

HENCE($\lambda_4 < 1$) = "满足规范要求"

槽式预埋件承受拉剪复合力时，其混凝土破坏模式的验算

$$\alpha := 1$$

$$N_{Rd_i} := \max(N_{Rd_p}, N_{Rd_sp}, N_{Rd_cb}, N_{Rd_c})$$

$$N_{Rd_i} = 4.072 \times 10^4 \text{ N}$$

$$V_{Rd_i_y} := \max(V_{Rd_cp_y}, V_{Rd_c_y}) = 1.046 \times 10^4 \text{ N}$$

$$V_{Rd_i_x} := \max(V_{Rd_cp_x}, V_{Rd_c_x}) = 1.665 \times 10^4 \text{ N}$$

$$\lambda_5 := \left(\frac{N_{Ed_a}}{N_{Rd_i}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed_a_y}}{V_{Rd_i_y}}\right)^\alpha + \left(\frac{V_{Ed_a_x}}{V_{Rd_i_x}}\right)^\alpha$$

$$\lambda_5 = 0.232$$

HENCE($\lambda_5 < 1$) = "满足规范要求"