

【题目】如图 1 所示，牛腿板与柱采用螺栓连接，钢材为 Q235， $F = 100\text{KN}$ ，采用 M20 普通螺栓（C 级），孔径 $d_0 = 21.5\text{mm}$ ，试验算此连接的强度。

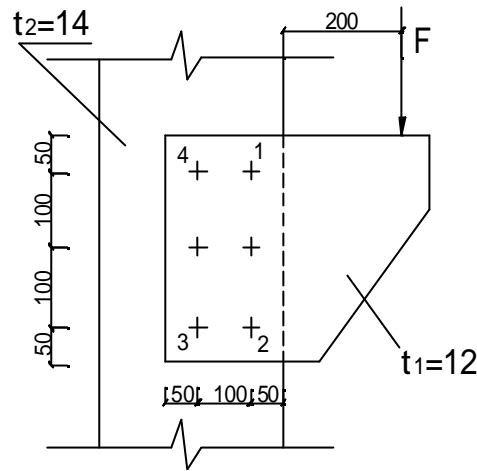


图 1

【解答】

分析：根据已知条件，牛腿板与柱翼缘的螺栓连接承受由偏心力 F 产生的剪力和扭矩的作用。在剪力 V 作用下，由每个螺栓平均承担，在扭矩 T 作用下，四个角螺栓（1、2、3、4）所受的剪力 N_i^T 最大，且沿垂直于旋转半径 r 的方向受剪，为了简化计算，可将其分解为 x 轴和 y 轴方向的俩各分量 N_{ix}^T 和 N_{iy}^T ，1、2 号螺栓的竖向分力与 V 产生的剪力同向，故 1、2 号螺栓为最危险螺栓，验算 1 号或 2 号螺栓的强度即可。

将偏心力 F 向螺栓群形心简化得：

$$T = 300F = 300 \times 100 = 3 \times 10^4 \text{ KN} \cdot \text{mm}$$

$$V = F = 100 \text{ KN}$$

$$\text{查表得 } f_v^b = 130 \text{ N/mm}^2, f_c^b = 305 \text{ N/mm}^2$$

一个螺栓的抗剪承载力设计值为：

$$\begin{aligned} N_V^b &= b \cdot n_v \cdot \frac{pd^2}{4} \cdot f_v^b \\ &= 1 \times 1 \times \frac{p \times 20^2}{4} \times 130 \times 10^{-3} = 40.84 \text{ KN} \end{aligned}$$

一个螺栓的承压承载力设计值为：

$$\begin{aligned} N_c^b &= b \cdot d \cdot \sum t \cdot f_c^b \\ &= 1 \times 20 \times 12 \times 305 \times 10^{-3} = 73.2 \text{ KN} \end{aligned}$$

注：\$l_1 = 200\text{mm} < 15d_0 = 323\text{mm}\$，故取 \$\mathbf{b} = 1.0\$。

在 \$T\$ 和 \$V\$ 作用下，1 号螺栓所受剪力最大，

$$N_{1x}^T = \frac{T \cdot y_1}{\sum x_i^2 + \sum y_i^2} = \frac{30000 \times 100}{6 \times 50^2 + 4 \times 100^2} \approx 54.54 \text{ KN}$$

$$N_{1y}^T = \frac{T \cdot x_1}{\sum x_i^2 + \sum y_i^2} = \frac{38000 \times 50}{6 \times 50^2 + 4 \times 100^2} \approx 27.27 \text{ KN}$$

$$N_{1y}^V = V/n = 100/6 \approx 16.67 \text{ KN}$$

$$N_1 = \sqrt{(N_{1x}^T)^2 + (N_{1y}^T + N_{1y}^V)^2} = \sqrt{54.54^2 + (27.27 + 16.67)^2} \approx 70.04 \text{ KN}$$

$$> N_{\min}^b = 40.84 \text{ KN}$$

故此连接强度不能满足要求。应增加螺栓数目或增加栓杆直径，随着螺栓数目的增加，则必须加大牛腿板的尺寸。若螺栓数目增加为 10 个，如图 2 所示。

\$l_1 = 320\text{mm} < 15d_0 = 323\text{mm}\$，取 \$\mathbf{b} = 1.0\$。

$$N_v^b = \mathbf{b} \cdot n_v \cdot \frac{pd^2}{4} \cdot f_v^b = 40.84 \text{ KN}$$

$$N_c^b = \mathbf{b} \cdot d \cdot \sum t \cdot f_c^b = 73.2 \text{ KN}$$

因为 \$y_1 = 160\text{mm} > 3x_1 = 150\text{mm}\$，所以忽略 \$N_{1y}^T\$。

$$N_1^T \approx N_{1x}^T \approx T \cdot y_1 / \sum y_i^2$$

$$= 30000 \times 160 / (4 \times 160^2 + 4 \times 80^2) = 37.5 \text{ KN}$$

$$N_{1y}^V = V/n = 100/10 = 10 \text{ KN}$$

$$N_1 = \sqrt{(N_{1x}^T)^2 + (N_{1y}^V)^2} = \sqrt{37.5^2 + 10^2} \approx 38.81 \text{ KN} < N_{\min}^b = 40.84 \text{ KN}$$

连接强度满足要求。

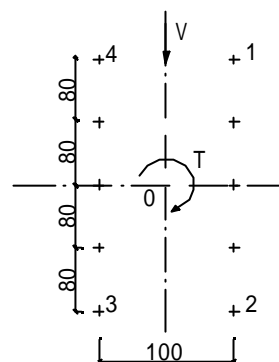


图 2