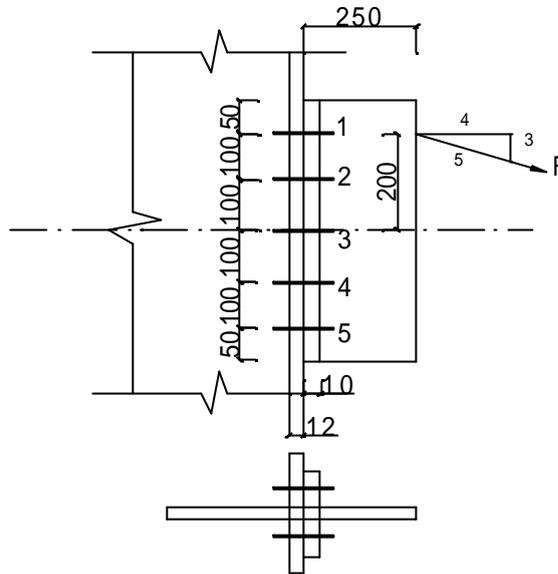


【题目】如图所示的普通螺栓（C级）连接，钢材 Q235，M20，孔径 $d_0=21.5\text{mm}$ ，外力 $F=160\text{KN}$ （设计值），试验算此连接的强度。



【解答】

分析：根据已知条件，将外力 F 向螺栓群形心简化得轴向力 N 、剪力 V 和弯矩 M ，在 N 和 V 作用下，由每个螺栓平均承担，在 M 作用下，由于旋转中心在最下一排螺栓上，各排螺栓所受拉力的大小，与距旋转中心的距离成正比，因而最上边一排螺栓（“1”号螺栓）所受拉力最大，按同时承受拉力和剪力作用的普通螺栓验算即可。

1. 将外力 F 向螺栓群形心简化，得

$$N = \frac{4}{5}F = 0.8 \times 160 = 128 \text{ KN}$$

$$V = \frac{3}{5}F = 0.6 \times 160 = 96 \text{ KN}$$

$$M = 0.8F \times 200 + 0.6F \times 250 = 49600 \text{ KN} \cdot \text{mm}$$

2. 计算“1”号螺栓在 N 、 V 、 M 作用下所受的力

$$N_{1r}^N = N/n = 128/10 = 12.8 \text{ KN}$$

$$N_1^V = V/n = 96/10 = 9.6 \text{ KN}$$

$$N_{1r}^M = M \cdot y_1 / (m \sum y_i^2) = \frac{49600 \times 400}{2 \times (100^2 + 200^2 + 300^2 + 400^2)} \approx 33.07 \text{ KN}$$

3. 计算每个螺栓抗剪、承压、抗拉承载力设计值

$$l_1 = 400 \text{ mm} > 15d_0 = 323 \text{ mm}$$

故

$$b = 1.1 - l_1 / (150d_0) \approx 0.976$$

$$\begin{aligned} N_v^b &= b \cdot n_v \cdot \frac{pd^2}{4} \cdot f_v^b \\ &= 0.976 \times 1 \times \frac{p \times 20^2}{4} \times 130 \times 10^{-3} \approx 39.86 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_c^b &= b \cdot d \cdot \sum t \cdot f_c^b \\ &= 0.976 \times 20 \times 10 \times 305 \times 10^{-3} = 59.54 \text{ KN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_t^b &= \frac{pd_e^2}{4} f_t^b \\ &= 2.45 \times 10^2 \times 170 \times 10^{-3} = 41.65 \text{ KN} \end{aligned}$$

4. 验算连接的强度

$$\sqrt{\left(\frac{N_1^V}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_{1r}^N + N_{1r}^M}{N_t^b}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{9.6}{39.86}\right)^2 + \left(\frac{12.8 + 33.07}{41.65}\right)^2} \approx 1.13$$

> 1 (不符合要求)

$$N_1^V = 9.6 \text{ KN} < N_c^b = 59.54 \text{ KN} \quad (\text{符合要求})$$

此连接不能满足抗拉、抗剪承载力设计值的要求，因此，必须增加螺栓数目，或改用高强度螺栓连接。而它却满足承压承载力设计值的要求。

若将螺栓数目增加为 12 个，列数不变，孔距为 80mm，则

$$N_{1r}^N = N/n = 128/12 \approx 10.67 \text{ KN}$$

$$N_1^V = V/n = 96/12 = 8 \text{ KN}$$

$$N_{1r}^M = \frac{49600 \times 400}{2 \times (80^2 + 160^2 + 240^2 + 320^2 + 400^2)} \approx 28.18 \text{ KN}$$

$$\sqrt{\left(\frac{N_1^V}{N_v^b}\right)^2 + \left(\frac{N_{1r}^N + N_{1r}^M}{N_t^b}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{8}{39.86}\right)^2 + \left(\frac{10.67 + 28.18}{41.65}\right)^2} \approx 0.95 < 1$$

符合要求。