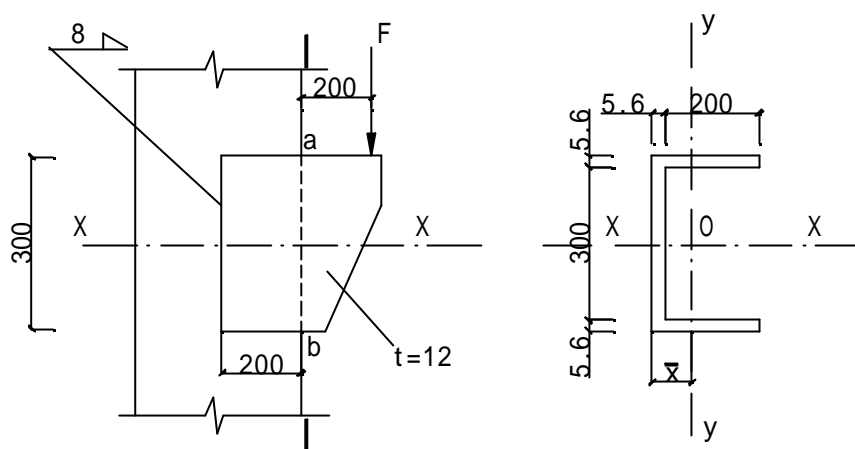


【题目】如图所示牛腿板，钢材为 Q235，焊条 E43 型，手工焊，焊脚尺寸 $h_f = 8\text{mm}$ ，确定焊缝连接的最大承载力，并验算牛腿板的强度。



【解答】

分析：根据已知条件，牛腿板与柱翼缘相连接的角焊缝为三面围焊缝，焊缝承受由偏心力 F 产生的简力和扭矩的作用。焊缝的 a 、 b 点受扭矩作用产生的应力最大，且其竖向分应力与 V 产生的应力同向，故可按 a 点或 b 点应满足角焊缝强度设计值来确定连接所能承受的最大静力荷载设计值 F 。最后验算牛腿板截面 - 处的强度，即可确定两者是否等强？

1. 确定角焊缝连接所能承受的最大承载力

(1) 计算角焊缝有效截面的形心位置和焊缝截面的惯性矩。

由于焊缝是连续围焊，实际长度比板边长度长，所以焊缝的计算长度可取板边长度，每端不减 5mm。焊缝的形心位置：

$$\bar{x} = \frac{2 \times 0.7 \times 0.8 \times 20 \times 10}{0.7 \times 0.8 \times (2 \times 20 + 30)} \approx 5.71 \text{ cm}$$

围焊缝的惯性矩：

$$I_x = 0.7 \times 0.8 \times \left(\frac{1}{12} \times 30^2 + 2 \times 20 \times 15^2 \right) = 6300 \text{ cm}^4$$

$$I_y = 0.7 \times 0.8 \times \left[30 \times 5.71^2 + 2 \times \frac{1}{12} \times 20^3 + 2 \times 20 \times (10 - 5.71)^2 \right] \approx 1707 \text{ cm}^4$$

$$I_0 = I_x + I_y = 6300 + 1707 = 8007 \text{ cm}^4$$

(2) 将力 F 向焊缝形心简化得：

$$T = (200 + 200 - 57.1)F = 342.9F \text{ (KN} \cdot \text{mm)}$$

$$V = F \text{ (KN)}$$

(3) 计算角焊缝有效截面上 a 点各应力的分量：

$$t_{fa}^T = \frac{Tr_y}{I_0} = \frac{342.9F \times 10^3 \times 150}{8007 \times 10^4} \approx 0.64F \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$s_{fa}^T = \frac{Tr_x}{I_0} = \frac{342.9F \times 10^3 \times (200 - 57.1)}{8007 \times 10^4} \approx 0.62F \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

$$s_{fa}^V = \frac{V}{A_f} = \frac{F \times 10^3}{(2 \times 200 + 300) \times 0.7 \times 8} \approx 0.26F \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

(4)求最大承载力 F_{\max}

根据角焊缝基本计算公式，a 点的合应力应小于或等于 f_f^w ，即：

$$\sqrt{\left(\frac{0.62F + 0.26F}{1.22}\right)^2 + (0.64F)^2} = f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

解得 $F = 165.9\text{KN}$

故 $F_{\max} = 165.9\text{KN}$

2. 验算牛腿板的强度

钢板 - 截面受力最大，承受弯矩 $M = 200F(\text{KN} \cdot \text{mm})$ 和剪力 $V = F(\text{KN})$ 的作用。

由
$$s = \frac{M}{W} = \frac{6M}{th^2} = f$$

得
$$\frac{6 \times 200F \times 10^3}{12 \times 300^2} = f = 215 \text{ N/mm}^2$$

解得 $F = 193.5\text{KN}$

由
$$t = \frac{1.5v}{th} = f_v$$

得
$$\frac{1.5 \times F \times 10^3}{12 \times 300^2} = f_v = 125 \text{ N/mm}^2$$

解得 $F = 300\text{KN}$

故此钢板能承受的最大荷载设计值 $F = 193.5\text{KN}$ ，而焊缝则能承受 $F = 165.9\text{KN}$ ，显然钢材强度有富余，为了经济的目的可减少钢板的厚度 t ，也可加大焊缝的焊脚尺寸 h_f 。其计算方法如下：

(1) 减少钢板的厚度 t

由 $s = \frac{6M}{th^2} = f$ 得
$$t = \frac{6 \times 200 \times 165.9 \times 10^3}{215 \times 300^2} \approx 10.3 \text{ mm}$$

取 $t = 11\text{mm}$ 。

(2) 加大焊缝的焊脚尺寸 h_f (单位为 mm)

$$I_x = 787.5h_f(\text{cm}^4) \quad , \quad I_y = 213.3h_f(\text{cm}^4)$$

$$I_0 = I_x + I_y = 1000.8h_f(\text{cm}^4)$$

$$\mathbf{t}_{fa}^T = \frac{342.9 \times 193.5 \times 10^3 \times 150}{1000.8h_f \times 10^4} \approx \frac{994.5}{h_f} \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{s}_{fa}^T = \frac{342.9 \times 193.5 \times 10^3 \times (200 - 57.1)}{1000.8h_f \times 10^4} \approx \frac{947.4}{h_f} \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{s}_{fa}^V = \frac{193.5 \times 10^3}{(2 \times 200 + 300) \times 0.7h_f} \approx \frac{394.9}{h_f} \text{ N/mm}^2$$

$$\sqrt{\left[\left(\frac{947.4}{h_f} + \frac{394.9}{h_f} \right) / 1.22 \right]^2 + \left(\frac{994.5}{h_f} \right)^2} = f_f^w = 160 \text{ N/mm}^2$$

解得 $h_f = 9.3\text{mm}$

由构造要求知 $h_{f\max} = t - 2 = 12 - 2 = 10 \text{ mm}$

故取 $h_f = 10\text{mm}$ 。