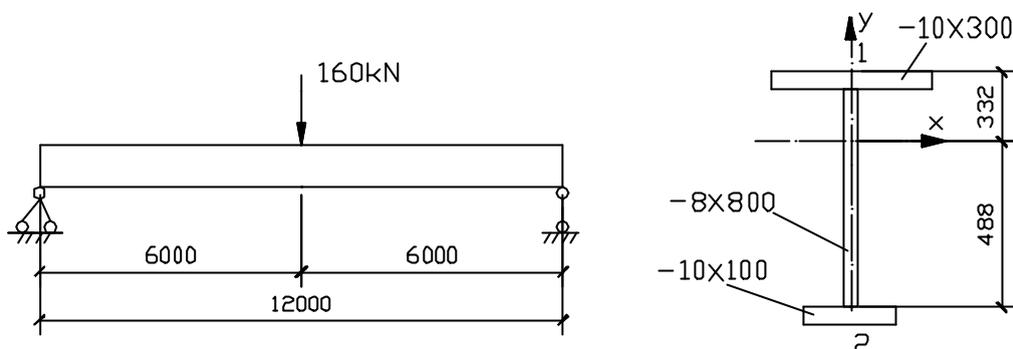


【题目】如图所示的简支梁，其截面为不对称工字形，材料为Q235 - A · F，钢梁的中点和两端均有侧向支承，在集中荷载（未包括梁自重） $F = 160\text{kN}$ （设计值）的作用下，梁能否保证整体稳定性？强度是否满足？



【解答】

分析：根据已知条件，梁的中点和两端均有侧向支承，故受压翼缘的自由长度（水平面）为 $l_1 = 6\text{m}$ ，而竖向平面跨度为 12m 。验算整体稳定性应取梁的最大弯矩，且按梁的受压翼缘计算。本题强度验算应按下翼缘受拉纤维，因为上翼缘加宽的单轴对称截面的中和轴上移，故下翼缘边缘纤维的拉应力大于上翼缘边缘纤维的压应力。

1. 计算梁的自重

$$A = 30 \times 1 + 80 \times 0.8 + 10 \times 1 = 104\text{cm}^2$$

$$q = 104 \times 10^{-4} \times 76.98 = 0.8\text{kN/m} \quad (76.98\text{kN/m}^2 \text{ 为钢的重力密度})$$

跨中最大弯矩设计值：

$$M_{\max} = g_G \frac{ql^2}{8} + \frac{Pl}{4} = 1.2 \times \frac{0.8 \times 12^2}{8} + \frac{160 \times 12}{4} = 497.3\text{kN} \cdot \text{m}$$

2. 计算中和轴的位置

对上翼缘形心轴取矩：

$$y_1 = \frac{80 \times 0.8 \times 40.5 + 10 \times 1 \times 81}{30 \times 1 + 80 \times 0.8 + 10 \times 1} + 0.5 = 33.2\text{cm}$$

$$I_x = \frac{1}{12} \times 0.8 \times 80^3 + 80 \times 0.8 \times 7.8^2 + 30 \times 1 \times 32.7^2 + 10 \times 1 \times 48.3^2 = 93440\text{cm}^4$$

按受压翼缘最外面纤维确定的毛截面抵抗矩：

$$W_x = \frac{I_x}{y_1} = \frac{93440}{33.2} = 2810\text{cm}^3$$

3. 计算梁的整体稳定系数 j_b

查表得 $b_b = 1.75$ (按跨度中点有一个侧向支承点、集中荷载作用在上翼缘)

$$I_y = \frac{1}{12}(1 \times 30^3 + 1 \times 10^3) = 2330 \text{cm}^4$$

$$A = 30 \times 1 + 80 \times 0.8 + 10 \times 1 = 104 \text{cm}^2$$

$$i_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{2330}{104}} = 4.7 \text{cm}$$

$$I_y = \frac{l_1}{i_y} = \frac{600}{4.7} = 127.7$$

$$a_b = \frac{I_1}{I_1 + I_2} = \frac{1 \times 30^3}{1 \times 30^3 + 1 \times 10^3} = 0.96$$

$$h_b = 0.8(2a_b - 1) = 0.8 \times (2 \times 0.96 - 1) = 0.74 \text{(按加强受压翼缘)}$$

$$j_b = b_b \frac{4320}{I_y^2} \cdot \frac{Ah}{W_x} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{I_y t_1}{4.4h} \right)^2} + h_b \right] \frac{235}{f_y}$$

$$= 1.75 \times \frac{4320}{127.7^2} \times \frac{104 \times 82}{2810} \left[\sqrt{1 + \left(\frac{127.7 \times 1}{4.4 \times 82} \right)^2} + 0.74 \right] \frac{235}{235}$$

$$= 2.5 > 0.6$$

该梁已进入弹塑性工作阶段,故应对 j_b 进行修正。查表,由 $j_b = 2.5$, 得 $j'_b = 0.946$ 。

4. 梁整体稳定性计算

$$\frac{M_{\max}}{j'_b W_x} = \frac{497.3 \times 10^6}{0.946 \times 2810 \times 10^3} = 187 \text{N/mm}^2 < f = 215 \text{N/mm}^2 \text{ (满足)}$$

5. 抗弯强度验算

应验算下翼缘边缘的弯曲拉应力。中和轴到下翼缘边缘的距离:

$$y_2 = h - y_1 = 82 - 33.2 = 48.8 \text{cm}$$

按受拉翼缘最外面纤维确定的净截面抵抗矩:

$$W_2 = \frac{I_x}{y_2} = \frac{93440}{48.8} = 1920 \text{cm}^3$$

$$\frac{M_{\max}}{g_x W_2} = \frac{497.3 \times 10^6}{1.05 \times 1920 \times 10^3} = 247 \text{N/mm}^2 > f = 215 \text{N/mm}^2 \text{ (不满足)}$$

计算结果表明,本题整体稳定性可满足要求,但抗弯强度不满足要求。由此可见对单轴对称工字形截面,在验算稳定性的同时,还应验算强度。